איך
נשתנה העולם

ספר המדידות



8452743516
shalomlangs@gmail.com

תוכן הענינים

מבוא לספר

פרק ראשון: מדידה כשורש לכל דבר

ספר זה עוסק ביסוד אחד פשוט, שכל אחד פוגש בו בכל יום ובכל שעה, ובכל זאת מעטים מתבוננים בו לעומק. יסוד זה הוא כוח המדידה. האדם מודד את בגדיו ואת מזונו, את זמניו ואת דרכיו, את ממונו ואת עסקיו, את בריאותו ואת כוחו, ואף את מחשבותיו ורגשותיו. כל מציאות בעולם אינה עומדת אלא בכח זה, שכל דבר יש לו גבול ומדה, וכל חכמה וכל מלאכה אינה יכולה לפעול בלי כלי המדידה שלה.

בספר זה יתבארו שערי המדידה השונים, מן החיים הפשוטים של יום־יום ומעגל השנה, דרך מלאכות הבית והשדה, מדידות הכסף והחברה, ועד למדידות המדעיות של חום, קול, אור וזמן. עוד יובאו מדידות חדשות, של איכות החיים ושל בריאות הנפש, איך אפשר לשער ולבחון לא רק כמה זמן וכמה משקל, אלא גם כמה חיבור, כמה פתיחות, וכמה כוחות הנפש מחוברים לאדם.

כל השערים הללו מתכנסים ליסוד אחד: המדידה אינה רק כלי טכני, אלא היא שפה כללית של הבריאה. כל חכמה צריכה את המדידה, וכל מציאות מקבלת צורתה על ידה. וכשמבינים את כוח המדידה, רואים בו לא רק אמצעי, אלא עדות פנימית לסדרו של הבורא יתברך, שהוא "הצור תמים פעלו", המעמיד את עולמו במדה נכונה.

להלן אני נותן רשימה כללית, של תחומי המדידה שבימינו.

מדידות בחיי הגוף: מדידת חום הגוף (פיבער), מדידת לחץ הדם, דופק, רמת הסוכר בדם, רמת החמצן בדם, משקל הגוף, גובה, מסת שריר ושומן, רמת

הורמונים. בעבר היו משערים בחום היד או במראה העיניים, בלי כלי מדויק כלל.

מדידות מזון ומשקים: אחוזי סוכר בענבים (למדידת מתיקות ויין), אחוזי אלכוהול, חומציות (pH), אחוזי שומן בחלב, אחוזי גלוטן בקמח, טמפרטורת בישול. בעבר הכל היה בטעם, בריח, במראה, ובנסיון.

מדידות טבע ואויר: טמפרטורת האויר, לחות, לחץ אויר, משקעים (גשם), מהירות הרוח, זיהום אויר, קרינה. בעבר היו יודעים רק לפי תחושה, לפי עננים ורוחות.

מדידות אדמה וחקלאות: חומציות הקרקע, רמת מים, מליחות, עומק חרישה, משקל היבול לדונם. בעבר היו יודעים רק לפי נסיון החקלאי ועין רגילה.

מדידות מלאכה ותעשיה: אורך, רוחב, גובה, משקל, צפיפות, חוזק מתיחה של חוטים ובדים, עובי מתכת, טמפרטורת תנורים, זמן שריפה, לחץ במכונות. בעבר היו משערים לפי עין, לפי קול, לפי ידיים – כמה קשה למשוך וכמה נמס.

מדידות אנרגיה ואור: חשמל – וולט, אמפר, וואט. אור – לומן, קנדלה. חום – קלוריות. קול – דציבלים. קרינה – רנטגן, גמא. בעבר כמעט שלא ידעו כלל למדוד, רק ראו תוצאות.

מדידות זמן ותנועה: שעונים מדויקים עד אלפיות השניה, ספירת צעדים (פדומטר), מהירות כלי רכב, תאוצה, סיבובי גלגלים. בעבר היו רק שעוני שמש, שעוני מים, והכל היה בקירוב.

מדידות כספים וכלכלה: ערך מניות, אחוזי ריבית, מדד מחירים לצרכן, אחוזי אבטלה, ערך מטבע, אינפלציה. בעבר היה הכל לפי שוק פתוח, בלי מדדים קבועים.

מדידות חברה ונפש: מבחני IQ, מבחני רגשות, סקרים, אחוזי הצבעה, סטטיסטיקות דמוגרפיות. בעבר לא היה אלא תחושה כללית, בלי מספרים.

מדידות לשון ודעת: אחוזי טעויות בכתיבה, מדידת מהירות קריאה, מדידת זמן תגובה, אחוזי הבנה בסקרים. בעבר זה היה רק לפי התרשמות המורה או הרב.

מדידות מקיפים – GPS: מדידת מיקום בעולם בדיוק של מטרים וסנטימטרים. מפות, גבולות, גבהים. בעבר היו מסתכלים בשמש ובכוכבים בלבד.

בכל אלו רואים בבירור – ככל שהמדידה דקה יותר, כך מתקדמת המלאכה, וכך מתבררת החכמה. בעולם היין, לדוגמה, ברגע שנכנסו מכשירי מדידה לאחוזי הסוכר והאלכוהול, נשתנה כל המלאכה מן הקצה אל הקצה. בעולם הרפואה, ברגע שנכנס מדחום למדידת חום, כבר נפתח פתח לרפואות חדשות. וכל זה מראה שהעולם מתקדם לפי כח הבירור והמדידה.

פרק שני: שורש כח המדידה בעולם

העולם בנוי על מדות. לא רק מדות נפשיות ומדות מוסריות, אלא גם מדות של מקום וזמן, של משקל ואורך, של חום ואור, של כסף ושל תנועה. אבל לא בכל דור היה לאדם כלי למדוד. פעמים רבות הסתפקו באומדנא – עין רגילה, יד מרגישה, חוש הטועם והריח. כל עוד היו בני אדם מסתפקים בכך, העולם עמד במקומו. כל פעם שהופיעה אפשרות למדידה מדויקת, נפתח שער חדש של חכמה וכלי מלאכה.

ראשית המדידה נולדה במצרים ובבבל. שם כבר בנו שעוני שמש, מדדו לפי צל הקו הארוך על גבי מקל, וחילקו את היום לחלקים. בנו גם שעוני מים, והיו מודדים את השעות לפי טיפות שנטפו בכלי. אלו היו הכלים הראשונים

שנתנו קביעות לזמן, כי בלי זמן מדוד אין סדר של יום ואין אפשרות לנהל ממלכה.

באותן ממלכות נולד גם ענין המשקל והמדה. מאזניים פשוטות – אבן כנגד אבן – נעשו כלי יסוד למסחר. כל מסחר דורש מדה קבועה: סאה, לוג, אמה. כל עוד היה לכל אחד מדה משלו, לא יכלו לקיים שוק של רבים. ההסכמה על מדות קבועות היתה פריצת דרך, והיא שעמדה לכל סדרי הממון. חז"ל בעצמם הזהירו מאוד על משקלות ומדות, כי הן יסוד יישובו של עולם (בבא בתרא פח:).

בימי יון ורומי, נפתח שער חדש – מדידת התנועה. חכמי יון עמדו על מהירות, על כובד, על זוויות. אמנם לא היה בידם עדיין כלי מדויק, אבל עצם ההעמדה של תנועה למדידה היתה יסוד הפיסיקה. הם חיפשו להביא גם את הכוכבים והכדורים השמימיים אל עולם המדה והחישוב. זה היה התחלת המדע של האסטרונומיה.

בימי הביניים וימי התחייה באירופה, התחיל עוד פתח: עדשות, מראות, שעונים מכניים. המדידה נכנסה לדקות קטנות. במקום לספור שעות על פי השמש בלבד, בנו שעון שמונה כל רגע. כאן נפתח עולם של חכמה חדשה – שאפשר למדוד דברים דקים, שלא תלויים רק בתחושת העין.

באותה תקופה קמה גם פריצת המדחום והמיקרוסקופ. גליליי וטוריצ'לי באיטליה הביאו כלי למדידת חום ולחץ האויר. בפעם הראשונה בהיסטוריה יכל אדם לדעת כמה חום יש בגופו ולא להסתפק ביד חמה. מכאן נפתח עולם של רפואה מודרנית. זה לא היה עוד אומדן – זה היה מספר מדויק.

בדורות האחרונים נוספה פריצה אחרת – החשמל. חשמל אינו ניכר לעין ואינו מורגש ביד, אלא אם כן יש כלי שמודד אותו. ברגע שהמציאו כלים למדוד וולט, אמפר, וואט, אז נפתח כל עולם המכשירים. בלי מדידה זו – אין חשמל בעולם.

בד בבד, נפתח גם עולם החיידקים והכימיה. כל מדידה שם היא במשקלות זעירים מאוד, באחוזים קטנים. כל עולם התרופות עומד על זה. בלי מדידה אין תרופה, אין כימיה, אין ביולוגיה.

יש גם צד אחר – מדידת הכלכלה. כבר עם המצאת המטבעות התחיל ענין החישוב המדויק. אבל רק בדורות האחרונים נולדו המושגים של מדדי מחירים, אחוזי ריבית, אחוזי אינפלציה. כל אלו אינם כלים ביד אלא מספרים במחשבון, אבל הם קובעים את סדרי החברה.

שורש הכל אחד: שאיפה לא להסתפק בהרגשה כללית אלא לדעת בדיוק. מתי יעלה השמש, כמה משקל יש בחפץ, כמה חום יש באדם, כמה כסף בידו. כל פריצה של המדידה פותחת עולם שלם של כלים, חכמות ותעשיות.

העולם הישן חי על אומדנא – בעין, ביד, בחוש. העולם החדש חי במספרים. וכל מה שהמספרים נכנסים יותר פנימה, כך האדם מקבל כח לשלוט יותר בחיים.

פרק שלישי: שרשרת המדידות – איך אחת פתחה את חבירתה

המדידה אינה עומדת לעצמה. היא חוט של שרשרת. כל בהירות שנכנסה בעולם באיזה תחום, נעשתה פתח לגלות מדידה חדשה בתחום אחר. כמו נר מנר, כך כל מדידה האירה לחברתה.

תחילה נולדה מדידת הזמן. בני אדם ראו שהשמש זורחת ושוקעת, אבל עד שלא חלקו את היום לשעות, לא היה קביעות. ברגע שבנו שעוני שמש ומים וחילקו היום – נולד עולם חדש. כי עם השעות בא גם חישוב הדרך: כמה זמן לוקח ללכת מעיר לעיר. מכאן התחילה מדידת התנועה. בלי שעה – אין מהירות.

אחר כך, כשהמציאו שעון מכני, נולד מושג השניה. ברגע שיש שניות, אפשר למדוד גם נפילה, גם מהירות סיבוב, גם קול. כל יסוד הפיסיקה החדשה – כוח, תאוצה, מהירות – עומד על זה. בהירות הזמן הולידה בהירות התנועה.

בצד אחר, כבר בימי קדם עמדו על משקלות. מאזניים שוקלים אבן כנגד אבן. זה לא היה רק למסחר – זה היה בית ספר ראשון למחשבה מדויקת. וכשנעשו המאזניים דקים יותר, אפשר היה לשקול לא רק כסף וזהב, אלא גם אבקה קטנה. בזה נולד עולם הכימיה והרפואה. בלי מדידת משקל – אין תרופה. מה שנתחיל בשביל חיטה וכסף – נגמר ברפואות הנפש והגוף.

בימי התחייה באירופה נולד המדחום. לא עוד "חם לי" או "קר לי", אלא מספר ברור. זה היה הפתח לכל מדידות הגוף. אם יש כלי שמראה חום במעלה, אפשר גם לחפש לחץ דם, דופק, רמת סוכר. בהירות החום הולידה בהירות הרפואה.

וכך היה גם בעולם החשמל. בתחילה לא ידעו כלל מהו. ברגע שהצליחו למדוד זרם, וולט, אמפר, נפתח עולם חדש. בלי מספר אין שליטה. ברגע שיש מספר – יש תאורה, יש מכונות, יש קשרים בכל העולם. וכאן, כלי החשמל עצמם הולידו בהמשך מדידות חדשות – קול, אור, גלי רדיו – כי כל אלו עומדים על זרמים מדודים.

אפשר לראות גם קשר עמוק יותר. כשהתבררה מדידת הזמן – נולדה הפיסיקה. כשהתבררה מדידת המשקל – נולדה הכימיה. כשהתבררה מדידת החום – נולדה הרפואה. כשהתבררה מדידת החשמל – נולדה הטכנולוגיה. כל מדידה אחת העמידה ענף חדש של חכמה.

שורש הענין, שהאדם אינו יכול לקפוץ מדרגה לדרגה אלא מתוך בהירות שכבר ניתנה בידו. כשנמדד הזמן – נתחדש תחום התנועה. כשנמדד המשקל – נתחדש תחום החומר. כשנמדד החום – נתחדש תחום הגוף. וכשנמדד החשמל – נתחדש תחום הקשר והאור.

וזהו עומק דברי הנביא: "מי מדד בשעלו מים וּשָׁמַיִם בַּזֶּרֶת תִּכֵּן" (ישעיהו מ, יב). כל העולם נברא במדידה, והאדם הולך צעד צעד לגלות אותו. לא נפתחו כל המדות בבת אחת, אלא כל דור זכה לבהירות בתחומו, ומהבהירות ההיא נפתח הדור הבא.

פרק רביעי: שורש החשבון – יסוד כל המדידות

כל מדידה שבעולם – של זמן, של אורך, של משקל, של חום, של כסף – עומדת על יסוד אחד: החשבון. קודם נברא העולם במדה, ומשם למד האדם לחלק את הדברים למספרים. החשבון הוא הכלי שהאדם קיבל כדי להוציא את ההרגשה והאומדן אל בהירות של מספר.

בראשית הדרך, החשבון היה מניין פשוט – אצבעות הידיים. עד עשר יכול כל ילד לספור בקלות. כשביקשו להגיע לעשרים, ספרו גם אצבעות הרגליים. נמצא שכל עצם הרעיון של "בסיס עשר" נולד כבר בגוף האדם. אחר כך התחילו להשתמש באבנים או מקלות, כל אבן היא אחד, כל חופן הוא עשרה. זהו ראשית החשבון.

מכאן התפתח החשבון לכתיבה. המצרים והבבלים ידעו לכתוב מספרים בסימנים – קו לאחד, שני קוים לשנים, וכן הלאה. אבל זה היה ארוך ומסורבל, וללא סדר ברור של אחדים ועשרות. ועדיין היה זה יסוד: המספר יצא מן היד אל הכתב.

לאחר מכן, בא השלב השלישי – החשבון המעשי. לא רק לספור מה שיש, אלא גם לחבר שני מניינים, להחסיר, להכפיל, לחלק. כאן נפתח עולם המסחר. בלעדי חשבון זה לא היה שוק ולא היה דין חלוקת ירושות. כל חוזה וכל קניין, כל מלאכה וכל בניין, צריך חיבור וחיסור, כפל וחילוק.

אבל החשבון הלך ונתפתח עוד. כשהבינו שיש לא רק מספר שלם אלא גם חלק – חצי, שליש, רבע – נפתח שער השברים. בזה נעשה אפשרי למדוד

דקויות: לא רק עשר סאה, אלא גם חצי סאה. לא רק עשר שעות, אלא גם חצי שעה. בלעדי השברים אין זמן דק ואין משקל דק.

אחר כך באה חכמת הצורות – הגיאומטריה. כשביקשו למדוד קרקע, לראות כמה אמות בשדה, כמה שטח בכתלים, כמה גובה למגדל – נולדה הגיאומטריה. היא עשתה את החשבון לכלי של צורה ומקום. בלי זה לא היה בית ולא מגדל, לא חומה ולא עיר.

ומכאן הגיעו לחשבון הכללים – האלגברה. זהו כבר חשבון שאינו עוסק במספר מסוים, אלא בכלל, ב"נעלם". מי שידע אלגברה יכל לחשב גם מהירות שלא ראה, תנועה שלא ראה, רק מתוך הכללים. זה היה יסוד לפיסיקה ולאסטרונומיה.

ובסוף – החשבון האינסופי, חדו"א (קלקולוס). כאן נולד היכולת למדוד כל שינוי בכל רגע: מהירות בכל נקודה, שיפוע בכל רגע. זה נעשה יסוד לחשבון של חום, חשמל, קול, אור. בלעדיו אין מדע מודרני.

נמצא, שכל מדידה שבעולם נסמכת על החשבון. הוא השורש, וכל פרי המדידות אינו אלא התפשטות ממנו. מה שאנו אומרים "חום ארבעים מעלות", "משקל חמישים קילו", "זמן שעה ורבע" – הכל אינו אלא חשבון.

בפנימיות הדבר יש עומק: החשבון הוא כוחו של האדם להכניס סדר לעולם. עד שלא ספר – הכל כאילו מונח בערבוביה. כשספר – נעשה סדר. וזהו ממש יסוד הבריאה, שנאמר "ויאמר אלוקים יהי אור" – אור הוא הבהירות, וסדר החשבון הוא האור הנכנס במציאות.

פרק חמישי: התגלות השיטה העשרונית – מפתח החשבון והמדידה

החשבון הפשוט, ספירה באצבעות, כבר נותן סדר של אחדים עד עשר. אבל כדי שהחשבון יהפך לכלי עולמי, צריך היה סידור קבוע – מה יהיה אחרי עשר, אחרי מאה, אחרי אלף. כאן באה השיטה העשרונית, שהיא יסוד כל החשבונות שבעולם, וכל המדידות שאנו מכירים היום.

בימי קדם ספרו לפי מה שהיה בידם. בבבל ובמצרים ספרו באצבעות היד, ובנו סימנים מיוחדים לכל מספר. אבל זה היה מסורבל: כדי לכתוב את המספר חמש מאות, היו צריכים לשרטט מאות קוים או ציורים. ביוון וברומא כתבו באותיות – I, V, X, C, M – אך לא היה שם מקום ברור של אחדים, עשרות ומאות. כל מספר היה בנוי בפני עצמו, וחישובים היו כמעט בלתי אפשריים.

המהפכה נולדה בהודו, בין המאות הרביעית לשישית לספירה. חכמי הודו קבעו שכל ספרה תעמוד במקום, וכל מקום יש לו ערך: הימני – אחדים, השמאלי – עשרות, אחריו מאות, וכן הלאה. אם נכתב "3" במקום הימני – הרי זה שלושה. אם נכתב "3" במקום השני – הרי זה שלושים. ואם במקום השלישי – שלוש מאות. זה נקרא "ערך המקום."

ובחכמה זו נתגלה עוד דבר גדול: מושג ה"אפס". בהודו שמו עיגול קטן להורות שאין כלום באותו מקום, אבל ערך המקום נשאר. בזכות האפס נעשה החשבון חלק, קל, ישר. בלעדי האפס – לא היה אפשר לכתוב את המספרים הגדולים כראוי.

מערכת זו עברה לערבים במאה השביעית והשמינית. חכמי ערב קראו לזה "ספרות הודיות", ומשם נתפשטה לכל המזרח. הם שיכללו אותה והביאוה לכלל ספרי החשבון שלהם.

במאה השתים־עשרה, חכם איטלקי בשם פיבונאצ'י (Fibonacci) כתב ספרו *Liber Abaci*, ובו הביא את השיטה הזאת לאירופה. שם התחילה המהפכה הגדולה. כל סוחר וכל לבלר, כל בונה וכל מודד, התחילו להשתמש בספרות החדשות. החישובים נעשו קלים, ופתאום אפשר היה לחשב גם מספרים עצומים בקלות רבה.

מה עשתה שיטה זו לעולם? היא פתחה פתח לכל המדידות. כי ברגע שיש סדר של אחדים־עשרות־מאות, אפשר למדוד גם מטרים, קילומטרים, גרמים, קילוגרמים. כל המערכות המדידות המודרניות נבנו על עשר, מפני שזו השפה הפשוטה ביותר.

דומה לזה מה שאמרת על שיטת המטרים. קודם כל אומה היתה לה מדות שונות, והיה קשה לסחור ולהבין. כשקבעו שיטה אחת – מטר, סנטימטר, קילומטר – הכל נעשה קל וברור. כך ממש היה בשיטה העשרונית. היא עשתה סדר בכל החשבון, ואפשרה לעולם להתקדם לכל המדידות הדקות שבעולם.

ואפשר לומר: השיטה העשרונית היא גילוי של האחדות בתוך הריבוי. כל מספר, קטן או גדול, נבנה מאותן ספרות מועטות. אין כאן אין־סוף סמלים, אלא סדר אחד פשוט החוזר ונשנה. בזה נגלית תבנית של העולם כולו – הכל חוזר על אותו סדר, רק הולך וגדל מדרגה לדרגה.

פרק שישי: החידוש בספר זה

כל הספרים הנכתבים בעולם על עניני מדידה עומדים תמיד על הצד הטכני והמספרי – כיצד נבנו מכשירים, איך נשקלים דברים, מהן הנוסחאות והיחידות. ספר זה הולך בדרך אחרת. הוא אינו שואל רק איך מודדים, אלא מהי מדידה עצמה, למה היא שייכת לנפש האדם ולחיי החברה, ואיך עיצבה היא את כל דורות העולם.

האדם נברא חי בתוך זמן ומרחב, והוא נזקק תמיד למידה ולחשבון. כל עוד אין לו מדידה – אין לו סדר, אין לו קביעות, אינו יכול לדעת ערך של דבר, לא בממון, לא במזון, לא בחברה ולא בתורה. המדידה היא השפה שעל ידיה נעשה העולם מובן ומסודר. היא הגשר בין החושים והרגשות של האדם ובין המציאות שסביבו.

בספר זה נסדרו כל תחומי החיים סביב המדידה: מדידות המזון והמשקים, מדידות מלאכה ותעשייה, מדידות אנרגיה ואור וקול, מדידות זמן ותנועה, מדידות כסף וחברה, מדידות מרחב ומקום. כל שער מראה לא רק כיצד נולדה המדידה באותו ענין, אלא גם כיצד היא שינתה את צורת החיים, את מחשבת האדם, ואת יחסו אל העולם ואל זולתו.

החידוש שבספר זה לעומת ספרי המדע הכללי הוא, שמודגש כאן שהמדידה איננה רק כלי טכני, אלא היא יסוד קיומי של הנפש. היא עצם השפה הפנימית שבין האדם ובין העולם. כמו כן מודגש שכל מדידה חדשה באחד התחומים – השפיעה מיד על כל שאר התחומים. כשנמדד הזמן ביתר דיוק – נתחדש סדר בכל העבודה והחברה. כשנמדד הכסף ביתר בהירות – נתבררו ערכי החיים כולם. וכך כל תחום משך אחריו תחום אחר.

בזה מתגלה שהמדידה אינה רק פרק צדדי במדע, אלא שורש להבנת כל שינויי העולם, ולהבנת סדרי התורה שניתנה בלשון מדידה – איפה שמים גבול, כמה שייך לשיעור זה או לזה, ומהי קביעות ומהו עראי.

הספר שלפנינו אינו רק היסטוריה של מדידות, אלא ציור של נשמת העולם, איך המדידה עצמה עיצבה את החיים, ואיך היא ממשיכה להיות היסוד לכל סדרי העולם.

פרק שביעי: שבת וימות החול, מדידה כעובדין דחול

יש שני עולמות לאדם. עולם אחד הוא עולם של שבת, שאין בו מדידה, אין בו חשבון, אין בו מספרים. הכל בו טהור ופשוט, האדם אינו שוקל ואינו מחשב, אינו מודד כמה יש וכמה חסר, אלא הכל עומד שלם. עולם שני הוא עולם של חול, עולם של ששת ימים, שבו כל דבר נמדד ונשקל. שם אי אפשר לאדם לעשות דבר מבלי מדידה. רוצה לאכול – מודד קמח, שמן ומים. רוצה לבנות – מודד קרקע, אורך ורוחב. רוצה לסחור – מודד כסף, משקל, ערך.

חז"ל גילו לנו סוד זה בפסוק אחד של הלכה: "אסור למדוד בשבת משום עובדין דחול". מלה אחת – "עובדין דחול" – וכל העולם של מדידה נתגלה. למדנו שמדידה עצמה היא לשון חול, היא סוד הסדר של ימות המעשה.

כי מהו סדר החול? שהאדם קובע גבול לכל דבר. אין דבר בלי גבול ומדה. לחם בלי מדה – אינו לחם. כסף בלי מספר – אינו כסף. זמן בלי שעות – אינו זמן. כל ימי החול הם מלאכת המדידה, שהאדם מתקן את העולם על ידה.

ובהתבוננות, יכולים להבין משהו מרחוק, כמה בדורות עברו עמלו מאוד על מדידה, לא היה להם הכלים הקלים כמו שיש לנו, והיה במדידה גם פשוט טירחא גדולה, ולא רק מדידות גדולות, אלא אפילו מדידות קטנות בחנות וכדומה, הכל עלה להם בטורח רב. ולא נאריך בזה, כי מי שמבין משהו מציאות העולם, זה פשוט אצלו, ומי שלא מבין, לא יועיל הסברים.

מכאן נפתח שער רחב להבנת חיי האדם. ספר זה מבקש להוליך את הקורא דרך שערי המדידה, מתחיל מן המדידות הפשוטות של קמח ומים, עובר למדידות האדמה, למדידות הכלים והמכונות, לאור ולקול, ועד למדידות הזמן והכסף.

בכל מקום ובכל ענין תעמוד המדידה באמצע, והיא תראה לנו לא רק כיצד חיו בני הדורות הראשונים וכיצד השתנה עולמם לדורות שאחריהם, אלא גם מהי עצם המדידה בנפש האדם – הצורך לתת לכל דבר גבול, לתת שם, לתת מספר, להפוך את המציאות החיה לסדר נמדד.

ובזה נבין גם מהו חידושו של ספר זה. לא באנו לספר היסטוריה של כלי מדידה, ולא באנו לחשב חשבונות מתמטיים, אלא להראות כי המדידה היא לשון החיים עצמם. וכשם שבשבת אין מדידה, מפני שהכל עומד למעלה מן החולין, כך בששת ימים כל מה שנעשה בעולם – נעשה דרך המדידה.

כך יהא מסע הספר – להראות מה נשתנה בעולם המדידה, מהו עומק המדידה לכל דור, ואיך היא משקפת לאדם את חייו ואת עולמו.

פרק שמיני: תחילת שורש הספר

שורש ספר זה לא נולד מתוך רעיון מופשט, אלא מתוך קושיא בהלכה שלמדתי בכולל. למדנו אז הלכות שבת, בשולחן ערוך הרב אורח חיים סימן שח סעיף פח, ושם כתוב בענין מורה שעות – בין שהוא של חול בין של מין אחר כגון הצל – שנתפשט המנהג לאסור לטלטלו אלא לצורך גופו או מקומו, לפי שנעשה למדידת הזמן או הצל, ויש לדמותו למדידה האסורה בשבת. ומבואר שם שאין להתירו בתור "מדידה של מצוה", כי לא התירו אלא כשבמדידה עצמה יש מצוה כגון למדוד המקוה, אבל כאן המדידה אינה מצוה עצמה, אלא לימוד הבא על ידה. ומוסיף שם שאינו איסור ברור מן הדין, אבל גם לא היתר ברור.

דברים אלו נפלו עלי בתמיהה. מהו בכלל ענין מדידת הזמן? הלא משקל ושטח מובן, אבל זמן? ניסיתי להבין, אולי מורה שעות של חול נקרא מדידה, כי שם מודדים שטח הכלי המלא בחול, וכן הצל, שמודדים שטח הצל לפי חריצי המקל. אבל מהו במורה שעות מכני – אותו "אנציער

זייגער"? הרי יש שרצו להסביר שהווייזערל כאילו מודד את שטח הלוח מן מספר למספר, אך באמת לא היה לי נחת מזה. הרגשתי שאני נוגע ביסוד עמוק שאין לי כלים להגדירו.

בתוך לבי נפתח אז רצון ותשוקה להבין מהו ענין המדידה בכלל. הייתי כאברך צעיר מנסה להעמיד יסודות אך לא מצאתי לשון ברורה. מהיכן מתחילים בכלל? ידעתי שיש חילוק בהלכה: מדידה של מצוה מותרת, אבל כאן מורה השעות אסור. למה? אם המדידה נצרכת ללימוד התורה, האם זה לא נחשב "לצורך מצוה"? כמה פעמים שמעתי הבנה פשוטה – שרק מדידה שהיא עצם מצוה הותרה, אבל מדידה שהיא לצורך לימוד לא. אך זה לא נתיישב בלבי, שהרי במקומות אחרים מצינו שגם "מדידה לצורך מצוה" הותרה.

והמשכתי להתבשל בזה ימים ושנים, עד שנפתח אצלי צוהר להבין שמדידה אינה רק משקל או שטח. מדידה פירושה כל פעולה שבה מבררים ומעמידים דבר על דיוקו. אם אדם מסדר דבר במדויק – בין אם הוא בעזרת כלי המיוחד לכך ובין אם בדרך אחרת של סידור – זה בכלל מדידה. ומצאתי לכך ראיות רבות, עד שנהיה לי פשוט, שאפשר למדוד גם את הזמן. אין כאן צורך להעמיד שטח נמדד כלל, אלא עצם הזמן הוא הנמדד.

רק כאן יש נקודה נוספת: מדידה רגילה נעשית במעשה פרטי, אבל המורה שעות – בין אם של חול ובין אם של מכנים – עומד ומודד כל הזמן גם בלי מעשה האדם. בזה יש צד להקל שאין זה "מעשה מדידה" ממש, אבל להלכה החמירו לראותו ככלי שמלאכתו לאיסור, כי הוא עוסק כל הזמן במדידה מדויקת. וזה גופא קשה לקרוא לו "מדידה של מצוה", כי אין כאן מעשה מדידה מיוחד שנעשה עתה לשם מצוה, אלא הכלי עוסק במדידה מתמדת, והאדם רק משתמש בזה.

וכאן התחיל להתברר לי יסוד כל הספר – שמדידה היא ענין רחב מאוד, הכולל גם דברים שלא היינו מעלים על דעתנו. לא רק משקל ושטח, אלא גם

זמן, תנועה, קול, חום, בהירות הנפש, דקדוקי שפה, ועוד הרבה אופנים. כל דיוק וסידור – מדידה הוא. מתוך ההתבוננות בקושיא קטנה בהלכות שבת, נפתח לי חלון לעולם מלא, עולם שלם של מדידות, שבו כל חכמה וכל מלאכה עומדות על הכח הזה – כח המדידה.

פרק תשיעי: מהותה של המדידה – המשכת המידה ממקום למקום

רבים סבורים שמדידה פירושה אך ורק לחשב שטח, משקל או נפח. כך התחנכו מימי הילדות: בבית הספר מדדו את אורך השולחן בסרגל, את שטח הכיתה במטרים, את משקל הפירות בקילוגרמים. וההרגשה נחקקה בהם שמדידה פירושה לשים כלי מול חפץ ולראות כמה הוא תופס. אבל באמת, זהו רק אחד מענפי המדידה, ולא עצם המושג.

שורש ענין המדידה הוא – להמשיך מידה ממקום למקום. כלומר, יש לי קנה מידה כללי, קבוע ומוסכם, ואני מביא אותו אל המציאות הפרטית שאני רוצה לברר. בסרגל – הקנה מידה הוא אינטש או סנטימטר. בשוק – הקנה מידה הוא ליטרא או קילוגרם. אני לא בודק כאן דבר חדש, אלא ממשיך דבר ישן, מוסכם ומוגדר, אל תוך מקום זה. כל מדידה היא בעצם העברה של מידה ידועה אל מציאות פרטית.

נמצא שמדידה אינה תלויה כלל בשטח. אפשר למדוד זמן, כי יש לי קנה מידה של שעות ודקות, שנקבעו מראש על ידי החברה או על פי גרמי השמים, ואני ממשיך אותו לכל שעה ושעה שאני חי. אפשר למדוד תנועה, כי יש לי קנה מידה של מרחק חלקי זמן – קילומטר לשעה – ואני ממשיך אותו לכל נסיעה שלי. אפשר למדוד קול, כי יש לי קנה מידה של דציבלים, ואני ממשיך אותו לכל קול הנשמע.

מדידה פירושה, בלשון פשוטה: להביא אופן מחושב ממקום אחר אל מקום זה. לא חשוב כלל אם זה שטח, זמן, חום, אור, או רגש. תמיד יש לי סולם קבוע, מוסכם על הכלל, ואני מניח אותו כאן. כשאני מודד חום בגוף, אני לא "ממציא" חום חדש, אלא ממשיך סולם שנקבע מראש – שלושים ושבע מעלות זה נורמלי, שלושים ותשע זה חום גבוה – ומכניס אותו אל גופו של חולה זה. כשאני מודד את רמת הסוכר, אני ממשיך סולם קבוע של מיליגרם לדציליטר, ומכניס אותו אל טיפה זו של דם.

זה עצמו מבאר למה המדידה היא יסוד כל סדרי החיים. כל סדר בחברה עומד על כך שיש מידות מוסכמות, וכל פרט נמדד לפיהם. בלי זה אין אפשרות למסחר, לרפואה, למדע, ואפילו לשיחה פשוטה בין בני אדם. כשאני אומר "עברו חמש דקות", איני מתכוון לתחושה סתומה, אלא אני מביא מידה קבועה מן העולם כולו – חמש יחידות של זמן מוסכם – ומניח אותה על מה שקרה עכשיו.

וזה מוציא מלבם של הטועים, החושבים שמדידה היא בהכרח שטח או משקל. ההבנה הזו נשארה אצלם מימי ילדותם, כי שם למדו בעיקר מדידות גשמיות, מוחשיות. אבל באמת, עיקר המדידה הוא היסוד המופשט: לקחת מידה מסודרת, קבועה ומוסכמת, ולהמשיך אותה לכל פרט שאני רוצה לברר.

ולפי זה יתברר היטב מה שכתבו הפוסקים לענין שעון – שהוא כלי מדידה ממש. אין זה משום שמודד שטח הצל או חול, אלא משום שהוא ממשיך מידה קבועה – חלוקת היממה לשעות ולדקות – אל כל רגע פרטי. אף שאין כאן "שטח", יש כאן "המשכת מידה", וזו היא מהות המדידה.

בפנימיות הענין, זו תכונת האדם שהקב"ה הטביע בו – לצרף ולשוות כל פרט אל כלל, ולתת לכל מציאות מקום בסולם. לא לחיות רק בתחושה, אלא להביא את האמת הכללית אל המקרה הפרטי. זהו יסוד המדידה, והוא הרבה יותר רחב מכל שיעורי השטח והמשקל.

פרק עשירי: מדידה בלשון ובדעת – דוגמאות מעבר לשטח ומשקל

כשמתבוננים היטב רואים שמושג המדידה נכנס גם לעולמות שאין בהם לא שטח ולא משקל כלל, אלא צורות מופשטות של לשון, דעת והבנה. גם שם אנו ממשיכים מידה מוסכמת אל כל פרט, וזה עצמו גדר מדידה.

כך בלשון: כשאדם כותב, המורה או הרב בודק אותו, ומדבר על "אחוזי טעויות". מה פירוש "אחוזים"? הלא אין כאן משקל ולא נפח, אלא יש סולם מוסכם – כתיבה נכונה היא מאה אחוז, וכל טעות מורידה חלק מסוים מן השלם. הסולם הזה אינו גשמי כלל, אלא מוסכם על בני אדם. וכשאומרים "עשרים אחוז טעויות", הרי זו מדידה ממש, כי המשיכו מידה קבועה (שלמות הכתיבה) אל כתיבה פרטית זו.

וכן בקריאה: בוחנים ילד כמה מילים הוא קורא בדקה. יש סולם מוסכם – קריאה מהירה של כך וכך מילים בדקה נחשבת רגילה, פחות מזה נחשב חלש. שוב אין כאן משקל או שטח, אלא המשכת סולם ידוע אל פרט זה. וזהו עיקר המדידה.

וכן בהבנה: עושים מבחנים, שואלים שאלות, בודקים כמה תלמיד הבין. בסוף יוצא מספר – שמונים, תשעים. האם יש כאן שטח? לא. אלא מידה מוסכמת – שלמות ההבנה שווה למאה נקודות – והמשיכו אותה אל התלמיד. נמצא שהמדידה שייכת גם לדעת ולהבנה, לא פחות מאשר לשטח ומשקל.

עוד דוגמה – בלשון יומיומית אומרים "למדוד את המילים". הכוונה שאדם אינו מדבר בלא חשבון, אלא שוקל כמה מותר לומר וכמה אסור, כמה לגלות וכמה להסתיר. זה אינו משקל באבן וברזל, אלא משקל פנימי של

מידה. יש סולם מוסכם – מה נקרא דברי חכמה, מה נקרא פטפוטים – ואדם מושך סולם זה לדיבור פרטי שלו. נמצא שגם זה בכלל מדידה.

ובחיי החברה – כשעושים סקרים או הצבעות, מודדים כמה אנשים בעד וכמה נגד. אין כאן משקל ממש, אלא מספרי בני אדם. עצם זה שהופכים הרגש הכללי לסולם מוסכם – חמישים אחוז בעד, שלושים נגד – זהו מעשה מדידה.

והוא הדין ברגש: אדם מתאר "מדד החרדה", "מדד השמחה". יש בזה סולם – שאלון עם עשר שאלות, כל אחת נותנת נקודה, ובסוף יוצא מספר. הרי זו מדידה, אף שאין בה לא שטח ולא משקל, רק המשכת מידה מוסכמת על כלל האנשים אל האדם הפרטי.

כל אלו מלמדים שמהות המדידה אינה תלויה כלל בגשמיות, אלא בהמשכת מידה מסודרת ממקום אחד אל מקום אחר. וככל שהעולם יצר עוד ועוד סולמות מוסכמים – בדעת, בלשון, בחברה, ברגש – כך נתרחבה המדידה לעוד תחומים.

העומק בזה הוא, שכך נברא האדם: שלא יספיק לו רק לחיות בתחושה, אלא יבקש להביא סדר ומידה אל חייו. ימדוד דיבוריו, ימדוד הבנתו, ימדוד יחסיו עם חבריו. זהו הכח הפנימי של המדידה, והוא נוגע לאדם בכל חלקי חייו, הרבה יותר מאשר בשטח ומשקל לבד.

הנה רשימה מסודרת של עשרה תחומים שאין בהם לא שטח ולא משקל גשמי, ובכל זאת כל עניינם מדידה – משום שכולם עומדים על המשכת מידה קבועה אל פרט מסוים:

1. **זמן** –שעות, דקות ושניות. אין כאן שטח ולא משקל, אלא חלוקה מוסכמת של היממה, והמשכתה לכל רגע פרטי.

2. **דיבור ולשון** –ספירת מילים, מהירות קריאה, אחוזי טעויות בכתיבה, מדידת זמן תגובה. כולם סולמות מוסכמים שממשיכים אל אדם פרטי.

3. **הבנה ולימוד** –מבחני ידע, ציונים באחוזים, דרגות הצלחה. אין בהם משקל אלא סולם מחשבתי.

4. **רגש** –מדדי חרדה, מדדי שמחה, מבחני דיכאון, שאלוני שביעות רצון. הכל מדידה לפי שאלות ונקודות.

5. **חברה וציבור** –סקרים, אחוזי הצבעה, מדדי קהל. מציאות מופשטת של דעות ורצונות מתורגמת למספרים.

6. **כשרונות** –מדידות מוזיקליות (דיוק בתווים), מבחני ציור, יכולת ספורטיבית לפי נקודות. כל אלו אינם שטח או משקל אלא המשכת סולם מוסכם.

7. **מוסר ומידות** " –שוקל את דבריו", "מודד את מעשיו". גם כאן, הסולם הוא ערכי, מוסכם לפי תורה או חברה, וממשיכים אותו לפרט מסוים.

8. **כלכלה וכספים** –ערך מניות, מדד מחירים, אחוזי אינפלציה. אין כאן שטח אלא מספרים מופשטים של ערך.

9. **יחסים בין בני אדם** –מדדים של אמון, אחוזי נאמנות בסקרים, מדידות של קשרים חברתיים (כמה חברים, כמה קשרים פעילים).

10. **בריאות הנפש** –מבחנים קליניים למדידת תפקוד, מדדי קשב וריכוז, מדדי עמידה במתח. שוב אין בהם משקל, אלא המשכת סולם מוסכם.

בכולם רואים ברור – מדידה פירושה **המשכת מידה ממקום אחד, קבוע ומוסכם, אל פרט חדש** .זהו היסוד המאחד את כל סוגי המדידה.

פרק אחד עשר: מהו מדידה ומדד – מן המעגל אל הריבוע

יסוד המדידה הוא להביא דבר שהוא עדיין כללי, מעוגל, בלתי מוגדר – ולהכניסו לתוך גבול ברור, אל תוכן מסודר שניתן לפעול בו. כל זמן שדבר נמצא במצב "מעוגל" – כלומר סתום, ערטילאי, בלי שיעור ברור – אי אפשר להשתמש בו למעשה. רק כשמרבעים אותו, מכניסים אותו למסגרת, לכמות ולמידה, אז הוא נעשה מציאות שאפשר להפעיל, להשוות, ולבנות עליה.

כך הוא בפיזיקה ובגיאומטריה: מעגל אינו ניתן למדידה בשלמותו. כשאדם מודד את העיגול – קוטרו, היקפו, שטחו – כל המדידה נעשית על ידי השוואתו לריבוע, או להביאו לחשבון של ריבוע. מהי – ?"π" לשון פשוטה, זהו נסיון להכניס את העיגול לתוך יחס של ריבוע. כוח המדידה הוא כוח הריבוע – ליטול דבר עגול, כללי, ולרבע אותו, לעשותו כמות מדויקת.

וזה גופא מה שעושה האדם בכל מדידה. כל זמן שאין מספר – הדבר נשאר סתום, "מעוגל". אומרים: "בערך כך", "בערך שעה", "בערך קילו". אין אפשרות לפעול בזה. אבל ברגע שנכנס מספר ברור – "חמישים דקות", "שבע מאות גרם" – הדבר מרובע, כלומר מוגדר ומוכן לשימוש.

ובזה מתבאר סוד התשוקה של בני אדם למדידה. כי כל זמן שהדבר נשאר "מעוגל", הוא רק הרגשה כללית, ואין בו מעשה. המדידה עצמה היא המכשירה אותו לידי מעשה. כשמודדים חום הגוף – אפשר להתחיל רפואה. כשמודדים משקל – אפשר להתחיל מסחר. כשמודדים זמן – אפשר להתחיל סדרי עבודה, סדרי תפילה, סדרי חברה. בלי מדידה – הכל נשאר ברעיון. עם מדידה – הכל נעשה אפשרי בפועל.

ועוד, המדידה נותנת כח "להמשיך מדבר אחד לדבר שני". כי כשדבר נשאר בערך, אין לו יחס לאחרים. אבל כשדבר נמדד במספר, אפשר להשוותו לדברים אחרים. מספר אחד שייך גם כאן וגם שם. מספר חמש קיים באבן, במים, בזמן ובמשקל. בכך המדידה הופכת לכלי החיבור של כל החכמות.

נמצא שהמושג "מדד" הוא: ליקח דבר מעוגל, סתום ובלתי מוגדר, ולהכניסו לתוך מסגרת של ריבוע – גבול ברור, מידה מדויקת, מספר מוסכם. בזה נעשה הדבר נמדד, ובזה ניתן לפעול בו, להשוותו, ולהמשיכו מדבר לדבר.

בפנימיות אפשר לומר: כל העולם נברא בעיגול, ובאדם ניתן כח המדידה – כח הריבוע. האדם הוא זה שמביא את הדברים מן הכלל אל הפרט, מן המעוגל אל המרובע, מן ההרגשה הכללית אל השיעור המדויק. בזה הוא ממשיך סדרו של הקב"ה לעולמו – "במידה טובה מרובה."

פרק שנים עשר: מדידת העיגול – מפתיחת הכלל אל כוח המעשה

כשמדברים על עיגול, רואים שכל זמן שהוא עומד כעיגול שלם – אין אפשרות ממש למדוד אותו. עיגול הוא רצף שאין לו התחלה ואין לו סוף, אין לו פינות, אין לו מקום שבו אפשר לאחוז. הדרך היחידה למדוד עיגול היא לחלקו. או שמודדים את הקוטר ומכפילים במספר קבוע, (π) או שמחלקים אותו לזוויות, לשלוש מאות ושישים מעלות, וכל מעלה היא בעצם משולש קטן, שיש בו כבר בחינת ריבוע – קו ישר, זווית, שטח. נמצא, שגם כשמודדים עיגול, בעצם מכניסים בו את כוח המרובע.

כל זווית מן השלוש מאות ושישים מעלות אינה עיגול אלא קו ישר ושני גבולות. העיגול הכללי נשאר עיגול, אבל ברגע שמחלקים אותו – יש בו אפשרות למדידה, ואפשר לדבר ממנו. נמצא שמדידה עצמה היא הנותנת לשון לאדם – בלי המדידה אין כלל לשון על העיגול, הוא רק צורה כללית

שאין לה מלים. המדידה, שהיא הכנסת המרובע, נותנת דיבור, ומעמידה את הדבר במצב שניתן להורידו אל המעשה.

וזה יסוד גדול בכל תחומי החיים. כל זמן שהדבר עומד "מעוגל" – הרגשה כללית, מחשבה בלי גבול, רצון כללי – אין לו מציאות בפועל. ברגע שנותנים לו מדידה – מספר, סולם, גבול – אזי הדבר מקבל ממשות.

וזהו שאמרו חז"ל "מדידה היא עובדין דחול". אין זה רק שלב מקדים למלאכה, אלא עצם שלב המדידה כבר מכניס את הכח של חולין ומעשה. כי כל זמן שהדבר מעוגל, הוא למעלה ממעשה, עומד רק כהרגשה כללית. המדידה מכניסה אותו לגבול, לריבוע, ולפיכך היא היא הדלת שמביאה מן ההרגשה אל המעשה.

והראיה ברורה בחוש: כל זמן שלא מדדו, הדבר לא זז. אבל ברגע שמדדו, מיד נעשה תנועה. באכילה, למשל: אדם יודע בכלל שצריך לאכול פחות, זה נשאר "מעוגל". אבל כשהוא נכנס ל"דיאטה" ונותן מספרים – כך וכך קלוריות ביום, כך וכך גרם לחם, כך וכך משקל בכל שבוע – רואים בחוש שהדבר זז. כי המדידה היא המורידה את הרצון הכללי לקרקע המציאות.

וכן בבנין: כל זמן שהבית הוא ציור בראש – הוא עיגול. כשמודדים את הקירות, את האורך ואת הגובה – אז מתחילה העבודה בפועל. וכן במסחר: כל זמן שהערך הוא "בערך כך", אין קניה ואין מכירה. אבל כשנכנס מספר – המחיר המדויק – אזי אפשר לסחור. וכן בלימוד: כל זמן שהבנה היא כללית, לא תישאר. כשמודדים אותה – שאלה ותשובה, מספר של ציונים – מיד נעשית מציאות יציבה.

נמצא שהמדידה אינה שלב טפל, אלא עצם הכח שמביא כל דבר לידי מעשה. היא מרבעה את העיגול, נותנת לו לשון, ומחברת את ההרגשה הכללית עם הכח הממשי.

פרק שלשה עשר: כח המספר להוריד אל המעשה ולשלוט

יש כח נפלא במספרים, שכל זמן שאדם שומע דיבורים כלליים – "תרד קצת במשקל", "תשתדל לאכול פחות", "תלמד יותר" – הכל נשאר בבחינת מעוגל. הוא מבין, הוא מסכים, אבל לא נעשה מזה תנועה ממשית. אבל כשאתה נותן לו מספרים מדויקים, בזה גופא אתה מוריד אותו אל הקרקע. ברגע שנאמר: "בשבוע הקרוב תרד חצי קילו, בשבוע שלאחריו עוד חצי", או "כל יום תלמד עשר דפים, בסוף החודש יהיו שלוש מאות", הרי שהמספרים קושרים את הדבר אל המעשה, עד שהוא נעשה מחויב בזה.

וזה ידוע גם במנהיגי החברה. מי שרוצה להשפיע על הציבור, אינו אומר דיבורים כלליים, אלא מציב מספרים: "כך וכך אחוזים ירדו", "כך וכך מיליונים נרוויח", "כך וכך ימים נשתדל". המספרים עצמם יוצרים מציאות. ברגע שיש מספר, אין זה עוד רעיון אלא התחייבות.

ומזה תבין: אם אדם רוצה לשלוט על חבירו, ייתן לו מספרים. כי המספר נותן ממשות. באכילה, כפי שאמרנו: כל זמן שידבר רק "פחות", "יותר", לא יעבוד. אבל אם יאמר: "אל תאכל יותר ממאה גרם לחם ביום", או "תשתה לא יותר משתי כוסות יין בשבוע" – הרי המספר יעמוד עליו, והוא ירגיש מחויב בפועל.

וכן בלימוד: אם תאמר לבחור – תלמד יותר – לא יזוז. אבל אם תקבע לו: "כל יום שני פרקים", או "בכל שבוע תעשה מבחן על עשרים עמודים", זה מה שמניע אותו. כי המספר עצמו מרבע את הדבר, ומכניס אותו לגדר של מציאות מחייבת.

וכן בכספים: אמירה כללית "תחסוך יותר" לא פועלת. אבל כשאומרים: "תשים בכל חודש חמש מאות דולר בצד", זה מחייב אותו, כי המספר עצמו משמש ככח שולט.

והעומק בזה – שהמספר הוא כח המדידה, וכח המדידה הוא השלב שקודם למעשה. בלי מספר – הדבר נשאר "מעוגל". עם מספר – הדבר הופך ל"מרובע", והמרובע יורד לקרקע המציאות. לכן חז"ל קראו למדידה "עובדין דחול" – כי זהו המעבר הממשי מן העולם של רעיון כללי לעולם של מלאכה.

מכאן תלמד יסוד כללי: מי שמחזיק את המספרים – מחזיק את השלטון. הוא קובע את המדידות, והוא מושך את המציאות אל הרצוי לו. בזה יש הבדל בין שלטון של דיבורים ריקים לשלטון של מספרים. המספר הוא השפה של המציאות, ומי שמדבר בשפה זו – קושר את חבירו אל מעשה.

פרק ארבעה עשר: העולם שהפך כולו למדוד – אובדן כח העיגול

ככל שמסתכלים בהיסטוריה רואים דבר נפלא: כל דור שבא, בונה את מדידתו על מה שכבר נמדד לפניו. פעם היו רק מדידות פשוטות – משקל, אורך, נפח. באו דורות אחרים והוסיפו מדידות של זמן, של חום, של תנועה. אחר כך נכנסו מדידות של קול, של אור, של חשמל. וכעת בזמנינו – כל דבר שבעולם נמדד במספרים: לחץ דם, דופק, רמת סוכר, מספר צעדים ביום, אחוזי תשואה, אחוזי שביעות רצון, כמה לייקים וכמה צפיות.

ובזה נעשה כל המציאות מדוד יותר ויותר. כל אחד בונה על הקודמו, והחברה כולה נבנית שכבה על גבי שכבה, מדידה על גבי מדידה, עד שנעשה כל העולם מרובע, מסודר, "געקעסטעלט". כל פרט קטן מוכנס לסולם, כל מחשבה וכל תנועה נרשמת, נמדדת, משובצת.

וזה גופא מסביר מהירות השינוי בימינו: מפני שהכל נעשה מדוד. ברגע שנותנים מספר – הכל מתחיל לזוז. פעם היה צריך דורות שלמים עד ששינוי אחד יתבשל. היום מספיק להכניס נתון ברור למחשב – ותוך

שבועות העולם כבר הולך בדרך אחרת. המספרים עצמם מניעים את הבריאה, כי הם השפה שהעולם קיבל עליו.

אבל בזה יש גם חסרון גדול. האדם כאילו חי ונושם בתוך מדידה, עד שכמעט נאבד ממנו כח העיגול, כח הכלל, כח התחושה הפשוטה. הכל נעשה מרובע, מדויק, מחושב. פעם היה לאדם מקום לעיגול – להרגיש בערך, לחיות בהרגשה כללית, לזרום עם הזמן בלי לדעת כל רגע מה השעה. היום, כל שנייה מדודה, כל תנועה נרשמת.

ובזה יש נגיעה עמוקה בפנימיות. ידוע בספרי הקבלה, כח המלכות הוא כח העיגול – מקבלת הכל, אין לה קו ישר, אלא מקפת ומכילה. וכח הזעיר אנפין הוא כח היושר – מדידה, קווים, סדר. כל מה שקורה בדורנו – שהיושר, הקווים, המדידות – בולעים כמעט את כח העיגול. האדם נעשה כולו מספרים, כולו ריבועים, ונחלש אצלו כח המלכות, כח הקבלה, כח ההרגשה.

וזה היסוד לספר זה, "איך נשתנה העולם". לא לתאר רק שינויים חיצוניים, אלא להבין שהעולם הלך ונהיה מדוד יותר ויותר, וכל זה שינה את הרגש, את החיים, את התודעה. האדם כאילו כבר אינו חי "בין השמים והארץ", אלא חי בתוך טבלאות, בתוך מספרים, בתוך מדידות. וכל זה הוא שינוי מהותי, שעליו צריך לעמוד ולהבין – מה הרווחנו בזה, ומה הפסדנו בזה.

פרק חמשה עשר: המחשב וגליון האקסעל – השיא של העולם המדוד

כשבאים לדבר על דורנו, אי אפשר להתעלם מן המחשב. אם כל הדורות הלכו והוסיפו מדידות זו על זו, הרי שהמחשב אסף את כל המדידות והכניסן אל כלי אחד – "עקסעל שיט". זהו כלי שכל כולו מדידה: טבלאות, מספרים,

שורות ועמודות, סכומים, חישובים. כל דבר שאדם רוצה להכניס – אפשר להעמידו בתא מסודר, עם נוסחה, עם סיכום, עם גרף.

האדם הפשוט – קודם חי בהרגשה. היה לו בערך כמה הרוויח, בערך כמה הוציא. עתה, כשיש לו טבלה, כל פרוטה נכנסת לשורה, כל הוצאה מסומנת, והסכום עולה אוטומטית למעלה. בזה נעשה כל חייו מרובעים. הוא כבר אינו מדבר על "בערך", אלא על "בדיוק": כמה אלפים יש לו בבנק, כמה אחוז ירד המניה, כמה ימים נשארו עד סיום התשלומים.

וזה פלא: כל זמן שלא נכנס הדבר לטבלה – הוא לא זז. אנשים מדברים ביניהם על עסק, על רעיון, זה נשאר חלום. ברגע שהכניסו את המספרים ל"עקסעל", כתבו כמה עולה, כמה נכנס, כמה נשאר – תיכף העסק זז. כי המדידה בטבלה היא השלב הקודם למעשה, והיא עצמה מכניסה כח המציאות לתוך הדברים.

וזה נוגע לכל תחום. ברפואה – כל בדיקה נרשמת במספרים, נכנסת למחשב, מתורגמת לגרף. ברגע שהמספרים ביד הרופא – הוא קובע טיפול. בחינוך – ציונים, ממוצעים, ניתוחי הישגים – הכל בתוך טבלאות. כל תלמיד נמדד במספרים, כאילו אישיותו כולה היא שורה באקסל. בכלכלה – כל חברה מתנהלת בטבלאות. כל מהלך נבחן לפי אחוזי רווח, טורים וגרפים.

והפלא הגדול, שהאקסל נהיה שפת בני אדם. כשהולכים לוועדה, לא מדברים דיבורים כלליים, אלא אומרים: "תראו את הטבלה". כשבעל עסק בא לשכנע את שותפיו, אינו אומר "יהיה טוב", אלא מראה להם את השורה בשורה. זהו שיא התהליך שהעולם נעשה כולו מדוד – לא עוד בהרגשה, אלא במספרים.

ובזה עוד עומק פנימי: כאילו כל המציאות נכנסה בתוך ריבועים – כל תא בגליון הוא ריבוע סגור, שבתוכו מספר מדויק. כל החיים נכנסו ל"מרובע"

– אין מקום לעיגול, אין מקום לכלל הפשוט, לכל נשימה חופשית. האדם חי ונושם בתוך תאים, בתוך קווים, בתוך נוסחאות.

וזה ענין גדול בספר "איך נשתנה העולם". כי לא די להראות שהעולם נהיה טכנולוגי יותר, אלא צריך להבין – עצם מהות החיים נעשתה "טבלאית". מה שבדורות קודמים היה דיבור בעלמא, "בערך כך", נהפך עתה לטבלה, לסכום, לגרף. בזה נשמט מן האדם הרבה מכח העיגול – כח המלכות, כח הכללי – ונכנס כולו תחת כח היושר, כח המספר.

פרק ששה עשר: כח ה"בתרא" בתורה – מדידה מחודשת של הדורות

בתורה מצינו יסוד גדול: פעמים הלכה כרב, ופעמים הלכה כתלמיד. הכלל הידוע הוא "הלכתא כבתראי" – ההכרעה הולכת עם המאוחרים. ולא כוונת הדברים שכל תלמיד סתם כך מכריע כנגד רבו, אלא יש כאן כח מיוחד שהקב"ה נותן לדורות האחרונים, שהוא כח ה"בתרא."

מהו כח זה? אין הכוונה רק סדר בזמן, שמי שבא אחרון תמיד גובר. אלא מדובר על מצב שבו הדור עובר שינוי ממשי, הפסק גדול בין דור לדור, עד שהתלמידים אינם ממשיכים את חיות רבם כפי שהיתה, אלא עומדים על פי מציאות חדשה, עולם אחר, נסיבות שונות – כגון גלות, מלחמות, מהפכות. במצבים אלו ניתנת להם יכולת לראות את כל הראשונים להם מתוך הסתכלות רחבה, כמי שעומד מרחוק ורואה את התמונה השלימה.

וזהו כח הבתרא – לא כח של חריפות יתירה בלבד, ולא של ידיעה יתירה בלבד, אלא כח של מדידה וסידור. כאילו כל דברי הראשונים מונחים לפניהם "כעיגול", כלל גדול של תורה. והבתרא בא ומכניסם אל תוך "הריבוע", מסדרם, שוקלם, מכניס כל דבר למקומו, ולפיכך יש לו כח מדידה אמיתי יותר.

דוגמא לדבר: בבית שמאי ובית הלל, לא בכל ענין נפסק כב"ה אלא רק לאחר שבאו בת קול, "אלו ואלו דברי אלקים חיים והלכה כב"ה". מה נתן הכח להכריע כב"ה? מפני שראו את כל דברי ב"ש יחד, ושקלו אותם מול דברי ב"ה, מתוך מבט רחב. וכן בתלמידי האמוראים – אחרי חורבן או אחרי מלחמות – נפרדו מתודעת רבותיהם, ועמדו מתוך מציאות חדשה. בזה קיבלו כח הבתרא – כח הסידור והמדידה.

ולפי זה, "הלכתא כבתראי" היא עצם המשכת כח המדידה בתורה. כל זמן שהדורות חיים זה בתוך זה – יש כח לרב להכריע. אבל כשנעשה הפסק והעולם משתנה – התלמידים נעשים כמו "בתראי", יש להם כח לסדר ולמדוד כל הקודם להם מחדש, ולראות הענין מזווית רחבה ואמיתית יותר.

בזה רואים אותו יסוד המדובר לעיל – שהמדידה היא שלב המכשיר לידי מעשה. כל זמן שהדברים נשארים בערך – "מעוגל" – אין הלכה פסוקה. אבל כשהבתראי באים ומכניסים הדברים אל תוך סדר ברור, אל תוך ריבוע המדידה – אז נעשית הלכה, הלכה למעשה.

וממילא מתברר: כוחם של האחרונים אינו מפני שהם בהכרח גדולים יותר בחכמה או ביראה, אלא מפני שקיבלו תפקיד מיוחד – להיות ה"מדידים", אלה שמסדרים את התורה אל תוך צורתה הסופית, אל תוך שורת המעשה. זהו סוד "הלכתא כבתראי."

פרק שבעה עשר: חולשות העולם המדוד – אובדן הפשטות והחיות

כשמעיינים היטב רואים, שכל גדלות דורנו – שהוא מדוד בכל פרט ופרט – היא עצמה גם חולשתו הגדולה. מצד אחד, כל דבר נכנס לסדר, לטבלה, למספר. אין כבר בלבול, אין דבר נשאר בערך. אבל מצד שני – עם המספרים נלקחת מן העולם הפשטות, החיות, הנשימה החופשית.

בימים עברו, האדם חי יותר "בעיגול". לא ידע כמה בדיוק שקל, לא ידע כמה דופק יש לו בלב, לא ספר כמה צעדים הלך היום. הוא חי בהרגשה, בסברא פשוטה, בהשגחה טבעית. העולם היה מלא חיות שאין לה גבול, מפני שלא נכנס הכל למדידה. גם אם היה חסר סדר חיצוני, היה בזה יתרון – היה מקום לאדם לחוש בעצמו, לסמוך על עצמו, לחיות מן הלב.

אבל היום, הכל נמדד. כשאתה מדבר עם אדם, לא ישאל אותך "איך אתה מרגיש" אלא "מה לחץ הדם שלך". לא יאמר "הוא תלמיד טוב", אלא "יש לו ממוצע 93". לא יאמר "הקהל מרוצה", אלא "מדדנו אחוזי שביעות רצון". הכל נעשה ריבועים, טבלאות, נוסחאות. בזה יש סדר עצום, אבל יש בזה גם ריקנות – כי אבד כח החיות שלא ניתן למדידה.

ומזה באות חולשות רבות. אדם כבר אינו בוטח בעצמו, אינו מרגיש את עצמו. הוא שואל את המחשב, את הטבלה, את המדידה. אפילו בכוחותיו הרוחניים – לא יאמר "יש לי קשר עם השם יתברך", אלא "כמה זמן התפללתי, כמה דפים למדתי". החשבון מחליף את ההרגשה.

וזה ההבדל הגדול מן הדורות הקודמים. בדורות קודמים היה אדם עובד את קונו בפשיטות. אולי לא היה מסודר כל כך, אבל היה חי מתוך לבו. היום האדם חי "בתוך מספרים". יש לו סדרים, יש לו מדידות – אבל החיות הפשוטה נחלשה.

וזו היא חולשת העולם המדוד: אמנם כל דבר בו זז במהירות, כל רעיון נהפך למעשה מיד, אבל עם זה הוא נעשה קר, יבש, טבלאי. העולם קיבל כח ריבועי עצום, אבל איבד הרבה מכח העיגול – שהוא כח המלכות, כח הפשטות, כח ההכלה.

ומכאן קריאה גדולה: איך להחזיר לאדם גם את כח העיגול שבתוכו. שלא יאבד לגמרי בתוך טבלאות ואחוזים, אלא שיחיה גם מתוך הלב, מתוך ההרגשה. כי בלא זה – כל המדידות שבעולם לא יועילו, כי יחסר הנפש החיה שבתוכן.

פרק שמונה עשר: להבין את המדידה כדי לחזור לעיגול

הצעד הראשון להחזיר לאדם את כח העיגול שאבד לו, איננו לברוח מן המדידה, אלא להבין אותה באמת. כי כל זמן שאדם חי עם המדידה בתור דבר מובן מאליו, בלא שיש לו ציור ברור מה היא, הרי המדידה שולטת עליו לגמרי. אבל כשיבין את מהות המדידה, את שורשה, ואת התפתחותה לאורך הדורות – אז יוכל גם לעמוד מולה, לדעת מתי להשתמש בה ומתי להניח אותה בצד.

המדידה נולדה כהכרח של חיים. בלי משקל ומדה לא היה מסחר, בלי שעות לא היה סדר יום, בלי מספרים לא היה סדר חברתי. כל דורות העולם עמלו להוסיף מדידות: תחילה משקלות ואמות, אחר כך שעות ושעונים, אחר כך חום וקור, אחר כך קול ואור, ולבסוף – כל תחום החיים. כל דור ריבע עוד חלק מן העיגול הכללי, עד שנעשה עולמנו כולו מרובע, מדוד, "געקעסטעלט."

ובימינו, האדם חי ממש בתוך מדידה מתמדת. השעון מורה כל רגע, המחשב סופר כל תנועה, הטלפונים מחשבים כמה צעדים הלך היום וכמה נשם. כל מחשבה הופכת לנתון, כל רגש נמדד באחוזים, כל לימוד נמדד בדפים ושעות. מצד אחד, זה מביא סדר עצום לעולם, תועלת גדולה, מהירות בלתי נתפסת. מצד שני, זה שואב מן האדם את כוח ההרגש החופשי, את הנשימה בלי גבול, את הפשטות.

אבל כאן נקודת החזרה: מי שמבין היטב את מעלות המדידה – את כח ההנעה שבה, את הדיוק והבהירות שהיא נותנת – הוא זה שיכול גם להכיר את חסרונותיה. הוא יכול לומר לעצמו: כאן אני צריך מדידה, כי בלעדיה אין מעשה. אבל כאן – אני בוחר שלא למדוד. לא למדוד את הרגש שלי, לא למדוד את החבר שלי, לא למדוד את כל רגע של חיי. אני נותן מקום לעיגול, לאין סוף.

זהו בעצם תיקון גדול: לחיות לפעמים בלי שעון, בלי טבלה, בלי לחשב כל דבר. להרגיש את הזמן זורם בלי מספרים, לאכול בלי לחשוב כמה קלוריות, להתפלל בלי למדוד כמה דקות עמדתי, ללמוד בלי לחשב כמה דפים גמרתי. לחיות את החיות עצמה, את כח העיגול שבתוכי, כח המלכות, כח ההכלה.

וממילא מתברר, שאין ענין לבטל את המדידה, אלא לשים אותה במקומה. להשתמש בכוחה להוריד רעיונות אל המעשה, אבל להישמר שלא תבלע את כל החיים. ומי שמבין את מציאות המדידה – מימי קדם עד ימינו – הוא זה שיכול לבחור גם שלא למדוד, ולחיות מתוך החיות האין סופית.

פרק תשעה עשר: תרגול חיים של עיגול בתוך עולם מדוד

כשאדם מבקש לחיות לא רק עם ריבועי המדידה אלא גם עם כח העיגול, עליו לדעת דרכים מעשיות איך להחזיר לעצמו מקום של חיות פשוטה, בלי מספרים. לא די בהבנה השכלית, אלא צריך ליתן לגוף ולנפש חוויות שבהן הוא יוצא מן המדידה ושב אל הפשטות.

א .**חיים בלי שעון** –לנסות שעות מסוימות ביום, או יום אחד בשבוע, להניח את השעון בצד. לא לדעת כמה דקות עברו, אלא להרגיש את זרימת הזמן. שבת קודש היא דוגמה חיה לזה – יהודי מניח שעונו, חי עם אור השבת, הזמן זורם מאליו בלי מספרים. זה מחזיר לו הרגש העיגול.

ב .**אכילה בלי חשבון** –לא תמיד לחשב קלוריות, גרמים, מנות. יש מקום גם לאכול מתוך תחושת רעב ושובע, מתוך הקשבה פשוטה לגוף, לא מתוך טבלה. גם אם ייזהר בענייני בריאות, ייתן לעצמו רגעים של אכילה פשוטה, לא מדודה, אלא מרגשת.

ג .**תפילה בלי מדידה** –לא לספור תמיד כמה זמן התפלל, כמה מילים אמר. להתפלל לפעמים מתוך הלב, לתת לרגש לפרוץ בלי גבול. יש בזה כוח העיגול – להרגיש שהשעה אינה קובעת, אלא הקרבה לה.'

ד .**לימוד לשם חיות** –לא תמיד לשקול כמה דפים גמר, כמה סימנים חזר. לפעמים לפתוח ספר, לעיין, להרגיש מתיקות. ללמוד לשם חיות, בלי גבול, בלי שיעור קבוע. זה מפתח מחדש את כח העיגול.

ה .**יחסים בלי מספרים** –לא למדוד את החבר בכמה פעמים התקשר, כמה טובות עשה, כמה דיבר. אלא להרגיש קשר פשוט, אהבה פשוטה, בלי גבול, בלי מדידה. זה מחזיר את הלב למקומו.

ו .**הליכה בטבע** –לצאת החוצה בלי למדוד צעדים, בלי אפליקציה, בלי מד־דופק. ללכת, לנשום, לראות שמים ועצים, ולחוש שהחיים הם מתנה פשוטה, לא מדודה.

כל אלו מחזירים לאדם את כח המלכות – כח העיגול, כח הכלל, כח הקבלה. לא לבטל את המדידה, אלא להעמיד לה גבול. להשתמש בה כשרוצים להוריד דבר למעשה, אבל לא לתת לה לאכול את כל החיים.

בכך נעשה האדם חי בשני העולמות יחד: יודע למדוד כשצריך, אבל גם יודע לעצור ולומר – כאן איני מודד, כאן אני חי. ובזה חוזרת השלמות – מצד אחד סדר ומעשה, ומצד שני חיות אין סופית.

שער ראשון: מדידות הגוף

מבוא לשער ראשון – מדידות הגוף

הגוף של האדם הוא המקום הראשון שבו נולדו המדידות. עוד קודם שנכנסו מאזניים או כלים חיצוניים, כבר היה האדם מרגיש את עצמו: חום או קור, כובד או קלות, דופק חזק או חלש, נשימה קצרה או ארוכה.

בתחילה הכל היה שייך לחוש ולהרגשה בלבד – חם לי, קר לי, אני חלש או אני חזק. עם הזמן נבנו כלים שהפכו את ההרגשה למספר: כמה מעלות חום, כמה קילוגרמים, כמה נשימות בדקה. מכאן התחיל מסע שלם של מספרים לתוך חיי הגוף עצמו.

פרק ראשון: מדידת חום הגוף – מן היד אל המדחום

מדידת הגוף היא מן הדברים הקרובים ביותר לאדם. כל אדם מכיר עצמו אם הוא חולה או בריא, אם הוא חלש או חזק. אבל לשים לזה מספר – זה חידוש גדול.

בימים עברו, כשאדם היה חולה, היו שמים את היד על מצחו ואומרים "חם לו", או "קר לו". אם הזיע הרבה – הבינו שהוא בוער בחום. אם רעד מקור – אמרו שצינן. זו היתה כל הידיעה. רופא שהיה לו נסיון רב יותר, היה יודע להבחין מעט יותר – כמה חום זה מסוכן, כמה לא. אבל הכל היה תלוי בהרגשתו. לא היה כלי שנותן אמת אחת לכולם.

במאה השבע־עשרה התחילו באיטליה לנסות למדוד חום בנוזלים. גליליי היה מן הראשונים שניסה לעשות "מדחום מים", כלי שהמים שבו עולים ויורדים לפי החום. תלמידיו ואחריו טוריצ'לי ושאר חכמי איטליה, בנו

מכשירים טובים יותר. אבל המדחום ממש, כפי שהוא בידינו היום – זכוכית עם כספית או אלכוהול – נתקן במאה השמונה־עשרה.

ברגע שהופיע מדחום, כל הרפואה השתנתה. לא עוד רופא אומר "נדמה לי שחום גבוה", אלא מספר ברור: שלושים ושבע מעלות – בריא. שלושים ותשע – חום גבוה. ארבעים – סכנה. מספר פשוט הפך להיות כלי אדיר ביד הרופאים.

ומדידה זו פתח פתחים למדידות אחרות בגוף. אם אפשר למדוד חום, אפשר גם למדוד דופק במספר פעימות. אם אפשר למדוד חום בנוזל, אפשר למדוד לחץ דם בכלי מלא אויר. אם אפשר למדוד דם – אפשר למדוד רמת סוכר. כל עולם הרפואה המודרני עומד על יסוד זה: למדוד כל תנועה וכל שינוי בגוף במספרים.

אבל יש כאן נקודה עמוקה. עד שלא היה מדחום, לא הרגישו חסרון. אדם היה חולה – ידעו שהוא חולה. רופא היה מנוסה – ידע לפי עין. אבל כשנכנס המדחום ,נפתח עולם חדש של דיוק. פתאום אפשר לדעת אם חום עולה חצי מעלה או יורד חצי מעלה. דבר שלא הרגישו בו כלל קודם. וכמו כן כל מדידה: ברגע שנכנסת למדוד – היא מגלה מציאות חדשה, שלא נודעה קודם כלל.

וזהו גילוי גדול: האדם, שהיה רגיל להישען על הרגשה בלבד, זכה לכלי שמראה לו את האמת במספר. בזה נפתח עולם של חכמה, אבל גם עולם של אחריות. כי ככל שהמדידה דקה יותר, כך הרופא חייב לדייק יותר, ולא יכול להסתפק באומדנא.

:

פרק שני: מדידת הדופק ולחץ הדם – מן היד אל המכשיר

לאחר שנפתח פתח במדידת חום הגוף, מיד באה דרישה למדוד עוד תנועה עיקרית – הדופק. כבר בזמן חז"ל ובימי הביניים היו רופאים שממשמשים בידם את פרק היד ואומרים כמה הדופק חזק, מהיר, או חלש. הרמב"ם עצמו כותב באיגרתו לרופא צעיר, שאחד הסימנים העיקריים לבריאות החולה הוא ההכרה בדופק, והיו רופאים מומחים שידעו לחלק בין דופק של בריא לדופק של חולה. אבל הכל היה תלוי ביד הרופא ובנסיונו, ואין בו מספר ברור.

במאה השבע־עשרה התחיל שיפור – במקום רק למשש ביד, התחילו לספור בפה כמה פעימות יש בדקה אחת. גם זה היה אומדנא, אבל כבר הכניס מושג המספר אל הדופק. אם יש שישים פעימות – זה רגיל. אם יש מאה ועשרים – זה חום. כאן התחיל המעבר מן התחושה אל המספר.

אך השלב הגדול בא במאה התשע־עשרה, כשהמציאו מכשיר למדידת לחץ הדם. כלי זה – הספיגמומנמטר – נבנה תחילה בצורת שרוול שנכרך סביב הזרוע, בתוכו ננפח אויר, ועליו מחובר שעון קטן עם כספית או מחט. כשהדם עובר בכלי הדם, הלחץ משתנה, והמכשיר מראה מספר ברור. לראשונה בהיסטוריה יכל הרופא לומר לא רק "לחץ דם גבוה", אלא "מאה עשרים על שמונים."

מה עשה החידוש הזה? הוא גילה מציאות שלא נודעה עד אז. עד שלא היה מד לחץ, אנשים מתו פתאום בשבץ מוחי או בלב, ולא ידעו סיבתו. אחרי שהמציאו כלי זה, נודע שיש דבר שנקרא "לחץ דם גבוה", שהוא מסוכן. בעצם המדידה הולידה את המושג, והבנת המושג הולידה תרופות ושמירה.

וכך נבין שהמדידה אינה רק כלי לבחון מה שכבר יודעים. היא מגלה מציאות חדשה שלא נודעה. קודם לא היה שם ל"לחץ דם גבוה", כי לא יכלו להגדירו. ברגע שנמדד – נעשה נושא בפני עצמו.

הדבר דומה גם לדופק. קודם אמרו "דופק חזק" או "דופק חלש". אחרי שנכנס מושג "שבעים פעימות בדקה" – כל השפה הרפואית השתנתה. מן הדקות והמספרים נולדה רפואה שלמה.

בעברית פשוטה: היד של הרופא היתה המדחום של פעם, והאוזן שלו היתה מכשיר שמיעה. כהיום יש בכל בית מכשיר קטן שמראה בדיוק את המספרים. ומכאן נפתח עולם שלם של בדיקות דם, רמת סוכר, חמצן בדם – כולם נולדו מן הדרך הזו: ממדידה ביד – למספר במכשיר.

פרק שלישי: מדידת משקל וגובה – מן מאזני השוק אל מכשירי הגוף

מן המדידות הראשונות שהאדם ידע לעשות היה המשקל. עוד מימות אבות העולם השתמשו במאזניים – אבן כנגד אבן, סאה כנגד סאה. המשקל היה יסוד למסחר, כדי לדעת כמה חיטה וכמה שעורים, כמה זהב וכסף. בלי משקל אין שוק ואין קניין.

אבל עם השנים התחילו להשתמש במשקל גם לצורך הגוף. כבר הרופאים הקדמונים ידעו שהאדם שמשמינו יתר על המידה – חוליו מרובה. והרמב"ם (הלכות דעות ד, טו) כתב: "לעולם לא יאכל אדם אלא כשהוא רעב... ולא ימלא כריסו... וזה כל גופו בריא". בזה הוא מלמד שהשמירה על משקל הגוף היא יסוד הבריאות.

בימים עברו, כשחפצו לדעת אם אדם כבד או קל, היו מעמידים אותו על מאזניים גדולים – כעין מאזני בהמות – ושמים משקלות בצד השני. הכל

היה גס ולא מדויק. רק ידעו אם האדם בערך כבד או קל. מדידה זו לא נועדה אלא לסקרנות, ולא היתה כלי בידי רופא.

במאה התשע־עשרה התחילו להופיע מאזניים מיוחדים לאדם, וכבר נעשו חלק מבתי הרפואה. ומאז שנכנסו המאזניים לבתים, השתנה סדר שלם. לא עוד "נראה שמן" או "נראה רזה", אלא מספר ברור – שבעים קילו, שמונים קילו. המספר גילה מציאות חדשה: עודף משקל, חוסר משקל, ירידה או עליה פתאומית.

כן הוא גם במדידת הגובה. בעבר היו משערים לפי עין – "ילד זה גבוה מחבירו". אבל כשקבעו סרגל קבוע בקיר בית הספר או בית הרפואה, יכול כל אחד לדעת בדיוק – מאה חמישים סנטימטר, מאה ושמונים. ברגע שנכנס המספר, השתנתה השפה. פתאום אפשר לדבר על "ממוצע", על "סטייה", על "אחוזונים". נולדה שפה חדשה שמבארת את גדילת הילד והתפתחותו.

ואחר כך נולד חיבור שנקרא "מדד מסת הגוף .BMI – "זהו חשבון פשוט של משקל חלקי גובה בריבוע. חשבון זה לא היה קיים קודם, אבל ברגע שהיו שני מספרים ביד – משקל וגובה – נולד חיבור חדש. החשבון עצמו הוליד הבנה חדשה: שמן, רזה, ממוצע.

כך רואים אנו שוב, שהמדידה אינה רק לתת מספר למה שכבר נודע, אלא היא יוצרת מציאות חדשה. עד שלא היו מאזניים – לא היה מושג "עודף משקל". עד שלא היה סרגל – לא היה מושג "אחוזוני גובה". עם כניסת המספרים – נולד עולם רפואי וחברתי שלם.

ובזה יש נקודה עמוקה. כל עוד הדבר באומדנא – כל אחד רואה לפי עינו. ברגע שהדבר נמדד במספר – הכל שווים בו. כולם עומדים לפני אמת אחת. ובזה המדידה מכניסה סדר, אבל גם מכניסה תביעה. כי כשנודע במספר שהאדם בעודף משקל, אין לו עוד להתנצל – המספר ברור לכולם.

פרק רביעי: מדידת סוכר ודם – מן הטעם בפה אל המחט והמספר

בימים קדמונים, כשאדם היה חלוש או מתעלף, היו אומרים: "אין בו דם", או "הדם דליל", או "נחלש מחמת מיעוט מזון". הכל היה לפי מראה עיניים – אם פניו חיוורים, אם שפתיו כחולות, אם הוא מזיע הרבה. וכך גם בענייני מתיקות – כשבקשו לדעת אם יש כוח בענבים או אם החלב טוב, היו טועמים בפה. החיך היה המדידה, והלשון היתה הכלי.

רופאים בעלי נסיון ידעו לפי טעם השתן אם יש בו מתיקות יתרה – וזה היה סימן למחלת הסוכרת. עד כדי כך, שבשפה המדעית נקראה המחלה "Diabetes Mellitus", מלשון מתוק, מפני שהרופאים טעמו ממש את השתן והכירו שיש בו מתיקות. לא היה בידם שום כלי אחר.

במאה התשע־עשרה התחיל להתפתח מדע הכימיה המעבדתית. כשנולדו מאזניים עדינים וכלי זכוכית נקיים, יכלו להרתיח טיפה אחת של נוזל ולראות שינוי צבע. באותה שעה נולדו הבדיקות הראשונות של דם ושתן. כבר לא הסתמכו על טעם החיך, אלא על שינוי צבע בחומר. זו היתה תחילת המעבר מן תחושת הגוף אל המספרים.

אך הפריצה הגדולה באה בדור האחרון – מדידת הסוכר בדם במחט קטנה. ברגע אחד נדקר האצבע, טיפה אחת של דם נשאבת למכשיר קטן, ותוך שניות נכתב מספר ברור: מאה ועשרים, מאתיים, שלוש מאות. מספר זה נעשה שפה שלימה בעולם הרפואה. אדם יודע בכל שעה את מצבו, והרופא יודע איך לכוון את תרופתו.

וכך גם בעניינים אחרים של דם: ספירת תאי דם, המוגלובין, רמת חמצן. כל אלו נולדו מתוך כלי המדידה החדשים. בעבר אמרו "אין בו דם" או "דם חלש", היום אומרים "ההמוגלובין שלו עשר". המספר מגלה מציאות חדשה שלא היתה נודעת לעולם שלפני כן.

צריך להבין – המדידה לא רק נתנה בהירות למה שכבר ידעו. היא בעצמה הולידה מושגים חדשים. כל עוד לא היתה מדידה של סוכר, לא היה המושג "חולה סוכרת" במובנו המדויק. ברגע שהמספר נכנס – נולדה מחלה מוגדרת, נולדו תרופות חדשות, ונולדה שפה חדשה ברפואה.

בזה רואים חוט אחד: קודם היה חיך האדם מודד מתיקות, היום מחט קטנה וכלי חשמלי מודדים. קודם עין הרופא ראתה את צבע הפנים, היום כלי הזכוכית והמסך מראים מספרים. ובין אלו – נולדה כל רפואת הדם והחיות.

פרק חמישי: מדידת הנשימה והחמצן – מן עין הרופא אל המסך המאיר

אחד הסימנים הברורים ביותר לבריאות הוא הנשימה. כל אדם רואה בעין אם חבירו נושם בנחת או מתנשם בכבדות. רופא בימים עברו היה מסתכל על בית החזה – אם הוא עולה ויורד בקצב רגיל, אם החולה מתנשם במהירות, אם פניו כחולות או חיוורות. אם היה שומע חרחורים – הבין שיש בעיה בריאות. כל המדידה היתה בראייה ובשמיעה, בלי מספר ובלי כלי.

אף חז"ל הזכירו עניין זה – שמי שאינו נושם הרי הוא כמת (יומא פה:), ובלשונם: "אין חיות אלא בנשימה". ומכאן יצא הדין שאם יש ספק מת בשבת, בודקים אם יש בו נשימה. אבל הבדיקה היתה פשוטה – קרוב לאף או לחזה, לראות אם יש תנועה או לא.

יחד עם זאת, כבר קדמונים ידעו לספור נשימות. רופאים יונים וערבים היו מונים כמה פעמים נושם האדם בדקה, וכן גם בעלי סוסים ורועים היו מבחינים בקצב נשימת הסוס או הבהמה, וראו בזה סימן לחולשה או חולי. אבל הספירה היתה ביד ובעין בלבד, וכל אחד מנה כפי הבנתו. לא היה

מספר אחיד ומדויק, אלא אומדן כללי: "כחמש־עשרה נשימות בדקה", "כנראה נשימה מהירה מן הרגיל."

במאה התשע־עשרה התחילו רופאים לספור בקול כמה נשימות יש בדקה, וזה כבר היה שלב ראשון להפוך תחושה למספר ברור. אם יש עשרים נשימות בדקה – זה רגיל. אם יש ארבעים – זה קוצר נשימה. זה עדיין ביד הרופא, אך כבר נכנסה שפה של מספרים.

בדור האחרון נולד כלי חדש – מד החמצן הקטן, ה"פולס אוקסימטר". מניחים אותו על אצבע האדם, והוא מאיר באור אדום ואינפרא אדום דרך הדם, ובשניות מספר מופיע על המסך – רמת החמצן בדם: תשעים ושמונה אחוז, תשעים ושתיים אחוז. כל העולם יודע היום שמספר פחות מתשעים הוא סכנה.

המכשיר הזה לא רק מראה מספר, אלא גם מגלה מציאות חדשה. בעבר ראו עיניים כחולות בפנים ואמרו – חסר חמצן. היום יודעים כבר בשלב מוקדם, עוד לפני שהעין מבחינה. המדידה מגלה מצב שאי אפשר היה להכירו כלל.

ועם זה נולדו גם בדיקות תפקודי ריאות – כמה אויר יוצא בנשיפה, כמה כוח יש להוציא. בעבר רק שמעו אם הנשימה קשה, היום יש מספרים מדויקים לכל אדם.

נמצאנו למדים, שהמעבר מן העין והאוזן אל הספירה, ומן הספירה אל המספר המכשירי, הוא המעבר מן עולם ההרגשה אל עולם הגילוי. פעם היה הכל לפי עין וריח, היום הכל לפי אור אדום קטן במסך. ובזה מתגלה כלל גדול: ככל שנכנסת המדידה פנימה, כן הולך ומתגלה לעין האדם מה שלא יכל להכיר מעולם.

פרק שישי: מדידת הנפש והרגש – מן התרשמות כללית אל מבחנים וסטטיסטיקות

בימי קדם, כשבקשו לעמוד על כח נפש האדם, לא היה בידם אלא ההתרשמות. היו אומרים: פלוני חריף, פלוני חכם, פלוני רגוע, פלוני כעסן. הכל נמדד לפי מראה העיניים, לפי אופן הדיבור, לפי מהירות התגובה. רב מלמד ידע אם תלמידו מבין או לא, לפי עיניו הבורקות או לפי שאלותיו. שום כלי לא היה, רק הכרה פנימית של האדם באדם.

גם בחכמת ישראל, כשדיברו על מידות הנפש – גבור, רך, עז, נוח – הכל היה לשון ציורית, לא מספרים. אפילו כשהתורה אומרת "לא בשמים היא", כוונתה שאין זה עניין של מדידה אלא של לב ומעשה.

אבל בימים האחרונים, עם עליית מדעי הנפש באירופה, התחילו לחפש מדידה גם בזה. תחילה המציאו מבחני זיכרון – עד כמה יכול האדם לזכור מספרים או מילים. אחר כך באו מבחני מהירות תגובה – כמה זמן לוקח לאדם ללחוץ על כפתור לאחר שראה אור. זו היתה הפעם הראשונה שנפש האדם נמדדה במספרים ולא רק בהתרשמות.

במאה העשרים התפרסם המושג "מבחן IQ" – אינטיליגנציה. בו נתנו שאלות בחשבון ובשפה, ובחנו כמה תשובות נכונות וכמה זמן לקח. המספר הסופי נעשה מדד לשכל האדם. לא עוד "חכם" או "טיפש" סתם, אלא מספר: מאה, מאה ועשרים.

ובעקבותיו נולדו עוד ועוד מדידות: מבחני אישיות, סולמות רגשות, מדידת חרדה ודיכאון בשאלונים. וכבר לא הסתפקו בפסיכולוג או ברופא שאומר "נראה לי שהוא עצוב", אלא טבלה עם שאלות: "האם יש לך חשק בבוקר", "כמה פעמים בשבוע אתה עצוב". סך הנקודות נעשה מספר אחד שמכריע.

גם בחיי הכלל נולד דבר זה: סקרים, אחוזי הצבעה, אחוזי שביעות רצון. אם בעבר היו יודעים רק לפי תחושה – "העם רוצה" או "העם כועס" – היום אומרים במספרים: חמישים אחוז בעד, שלושים אחוז נגד.

ואף על פי שאין המדידות הללו מדויקות כמדידת חום הגוף או לחץ הדם, בכל זאת הן שינו את השפה. כי ברגע שהכניסו מספרים אל הנפש, השתנה גם היחס אל האדם. לא עוד התרשמות בלבד, אלא חיפוש של טבלה ותוצאה.

יש בזה עומק. כשם שמדידת חום הולידה מושג חדש של "חום ארבעים מעלות", כך מדידת הנפש הולידה מושג חדש של "דיכאון לפי סולם X" או "אינטיליגנציה 120". המספר יצר מציאות חדשה שלא נודעה לפני כן.

ובכל זאת, צריכים לזכור – הנפש אינה ניתנת למדידה מוחלטת. המספרים מגלים רק צד מסוים שבה, והאדם לעולם גדול יותר ממספרו. זה עצמו לימוד גדול: שכל מדידה מגלה חלק, אבל לא את השלם.

סיכום שער ראשון – מדידות הגוף

במדידות הגוף מתגלה השינוי הגדול: מה שהיה כולו שייך לתחושה הפשוטה נעשה מתורגם לשפת המספרים. האדם אינו אומר עוד "אני חם", אלא "יש לי ארבעים מעלות חום". לא "אני כבד", אלא "אני שוקל שמונים קילו". הגוף כולו נהיה מדוד ומסופר במספרים. זהו יסוד כל השינוי של הדורות – שהמדידה נכנסה אל תוך חיי האדם עצמו.

שער שני: מדידות המזון והמשקים

מבוא לשער שני – מדידות המזון והמשקים

מן הגוף עברו המדידות אל המזון והמשקה. החיך ידע לטעום אם היין מתוק או יבש, אם החלב שמן או רזה, אם הקמח טוב או מקולקל. אבל החיך לבדו לא הספיק, והחיים דרשו דיוק.

נבנו כלים למדוד: כמה אחוזי סוכר בענבים, כמה אחוזי שומן בחלב, כמה חומציות ביין, כמה גלוטן בקמח. גם במלאכת הבישול והאפייה – כמה מעלות בתנור, כמה לחות באוויר, כמה גרם מלח או סוכר במאכל.

פרק ראשון: מדידת מתיקות הענבים ואחוזי היין – מן החיך אל המכשיר

בימי קדם, כאשר עשו יין, לא היה בידם שום כלי למדוד כמה סוכר יש בענבים, וכמה אלכוהול עתיד להיווצר. כל המדידה היתה בלשון ובחיך. הענבים נדרכו, והאומן טעם מן התירוש ואמר: מתוק הוא, יין טוב ייצא ממנו; חמוץ הוא, יין דל יעלה ממנו. לפעמים הסתמכו גם על הריח, על צבע הקליפה, על מצב השמש והעונה. זה היה כל המדע – תחושה ונסיון.

וכן גם באפייה ובבישול. החלב – טעמו בפה, אם שמן הוא או דל. הדבש – הסתכלו בצבעו ובזרימתו. הקמח – שפשפוהו ביד לדעת אם הוא מלא או קלוקל. הכל היה אומנות חושית, לא מספרים.

במאתיים שנה האחרונות נכנסו כלי מדידה חדשים, ובראשם מדידת המתיקות – הרפרקטומטר. מכשיר קטן המודד כמה סוכר יש בענבים, ובמספר אחד נותן את כל מה שרק בעבר יכלו לטעום. אם יש 20 בריקס –

יודעים כמה אלכוהול יתקבל. אם יש פחות – יודעים שיין חלש ייצא. מספר זה נעשה שפה שלמה ביינּנות.

וכן באלכוהול עצמו – בא זיגרמטר (מד־אלכוהול), המראה כמה אחוזי אלכוהול יש בנוזל. יין פשוט אפשר לדעת בוודאות – 12%, 13%, 14%. מספר ברור לכל העולם. ובזה נשתנתה כל המלאכה: היין אינו רק טעם, אלא מדע.

כמו כן במים – מדידת חומציות (pH). בעבר טעמו: מים אלו מתוקים, אלו מלוחים. היום מספר ברור – שבע זה נייטרלי, שמונה זה בסיסי, שש זה חומצי. מספר אחד מראה את כל מה שבעבר היה תלוי בטעם אישי.

נמצא, שכל מדידות המזון והמשקים עברו מפי החיך והעין – אל פי המכשיר. הטעם והריח עודם קיימים, אבל השפה של בעלי־מלאכה נעשתה שפת מספרים.

בפנימיות, צריך לדעת: אין כאן רק כלי טכני, אלא שינוי מהותי. קודם עמד כל אומן על פי עצמו – כל אחד לפי טעמו. היום יש אמת אחת לכל, מספר אחיד. בזה נבנתה אפשרות לסחור בין מדינות, להקים תעשיות ענק, ולעשות סדר עולמי.

פרק שני: מדידת חומציות וטעם – מן ההרגשה בפה אל מספרי ה־pH

הטעם החמוץ היה מן הטעמים הידועים ביותר לבני אדם מאז ומעולם. כל ילד קטן מכיר אותו מיד בפיו, וכל אדם הבחין בין מים מתוקים למים חמוצים, בין יין משובח לחומץ. גם בהלכה מצינו: "יין נסך שנחמץ – הרי הוא כחומץ" (ע"ז נט:), ובכמה מקומות שייך דין "טעם חמוץ" או "החמיץ התבשיל". אבל כל המדידה היתה תלויה בחיך – אין כאן אלא הרגשה אישית.

בימי קדם, אומן יין היה טועם ומחליט אם החמיצות במידה טובה או כבר פגומה. כך גם בטבחי המלכים – טעמו את התבשיל, ואם החמיצות מתונה הרי זה לתועלת, ואם רבה מדי – הרי זה מקלקל. שום מספר לא היה בעולם, רק אומדנא ותחושה.

במאה התשע־עשרה נתגלה כלי חדש – מדידת החומציות במספרים. חכמים קבעו סולם הקרוי **pH** – מדד כמה החומר חומצי או בסיסי. המספר נע בין אפס לארבע־עשרה. שבע – אמצע, מים נקיים. פחות משבע – חומצי. יותר משבע – בסיסי. חומץ רגיל – סביב שלוש. קיבה של אדם – בערך שתיים.

מספר זה נעשה שפה ברורה לכל המדע. לא עוד "טעמו חמוץ", אלא "pH=3.5". ברגע שנכנס המספר, נפתח עולם שלם של חקלאות, רפואה ותעשייה. בחקלאות – בודקים אם קרקע חומצית או לא, ומתאימים זרעים לפי זה. ברפואה – בודקים את חומציות הקיבה או הדם, ומזה יודעים מצב החולה. בתעשייה – אין בישול ואין שימור בלי מדידת החומציות.

ובזה רואים את ההבדל בין ההרגשה הפשוטה לבין המדידה המדעית. ההרגשה אומרת: "זה חמוץ". המספר אומר: "זה 3.5". ההרגשה תלויה באדם – אחד ירגיש חזק, אחר ירגיש חלש. המספר קובע אמת אחת לכל.

אבל צריך לזכור: השפה של המספר לא מחליפה את החיך לגמרי. כי סוף סוף, במאכלים, עיקר הוא הטעם, לא המספר. המדידה באה לסדר, לתקן, לשמור – אך הנאת האדם נשארת בפיו. בזה ניכר עומק החיים: האדם חי בין המספרים והמדידות, אך בסוף נשאר רגש הטעם בפיו, שאין לו מספר.

נמצא, שהמדידה של החומציות אינה רק כלי טכני, אלא מהפכה שלמה: החמוץ שהיה לשון חויה אישית, נהפך לשפה עולמית של מספרים. ובזה נבנתה האפשרות להעמיד כל מאכל ומשקה על סדר קבוע, להעבירו בין עמים ומדינות, ולהעמידו כחלק מתעשייה מדויקת.

פרק שלישי: מדידת השומן בחלב –מן העין והחיך אל אחוזים מדויקים

החלב היה תמיד יסוד החיים, בפרט בכפרים ובבתי הרועים. אבל איכות החלב משתנית – פעמים חלב שמן וסמיך, פעמים דליל ומימי. בימים קדמונים כל המדידה היתה לפי העין והחיך. אם ראה שהחלב לבן ומבריק – אמר שמן הוא. אם נראה מימי – אמר דל הוא. ואם טעם בפיו והרגיש מתיקות ושומן – ידע שהוא חזק. זה היה כל המדע, והכל תלוי בתחושת האדם.

גם בהלכה אנו מוצאים עניין זה. חלב שנעשה שמנת או גבינה – הוא עדות על שומן החלב. כמה גבינה יוצאת, זה סימן כמה שמן היה. אבל לא היה שום כלי למדוד אחוזים, רק מלאכת הניסיון.

במאה התשע־עשרה התחדש דבר גדול – כלי המדידה של שומן בחלב. אחד הידועים נקרא **שיטת בַּבּוֹקָה** ,**(Babcock test)** שהמציאוהו בארצות הברית בסוף המאה התשע־עשרה. לוקחים דגימה קטנה של חלב, מערבים בחומצה גופרתית, מניחים בכלי זכוכית מיוחד, וכשמנענעים הכלי – כל שומן החלב צף למעלה, ונראה לעין במבחנה עם סימנים מדויקים. ברגע אחד נמדד כמה אחוז שומן יש בחלב.

המספר נעשה שפה עולמית: שלושה אחוז, ארבעה אחוז, חמישה אחוז. אם בעבר היו אומרים "חלב זה שמן", היום אומרים: "חלב זה 3.5%". אין עוד תלות בעין החקלאי או בטעם הילד, אלא אמת ברורה בכל העולם.

בזה השתנה כל עולם החלב. החקלאי לא יכול עוד למכור חלב דל כחלב שמן – כי הכל נמדד. החברות לא יכולות להטעות – הכל נבדק במעבדה. נולדו דרגות חדשות – "חלב מלא", "חלב דל שומן", "שמנת מתוקה". וכל זה נסמך על המספרים.

בפנימיות, ניכר כאן כלל: ברגע שנכנס המספר, נולדה שפה חדשה. לא עוד דיבור ציורי, אלא מדויק. ומדידה זו נתנה גם סדר וצדק – לא עוד תלות בחוש ובנסיון, אלא מידה קבועה לכולם.

ובזה אנו רואים שוב: כל מדידה מגלה מציאות חדשה. עד שלא נמדד – לא היה מושג של "3.5% שומן". היתה רק תחושה כללית. ברגע שהמספר הופיע – נולד מושג חדש, שפה חדשה, וממנה תעשייה שלימה.

פרק רביעי: מדידת גלוטן בקמח – מן תחושת הידיים אל מכשירי המעבדה

הקמח היה יסוד המזון בכל הדורות. אבל לא כל קמח דומה לחבירו. יש קמח שנותן לחם חזק ותפוח, ויש קמח שנותן עיסה דלה ומתפרקת. סוד הדבר הוא בגלוטן – אותו חלבון הנמצא בחיטה.

בימי קדם לא ידעו שם "גלוטן", ולא דברו בלשון זו כלל. כל המדידה היתה לפי תחושת הידיים של האופה. היו לוקחים עיסה קטנה, לשים במים, ורואים אם היא נמתחת ונעשית אלסטית. אם כן – לחם זה יקום ויתפח. ואם מתפרק – סימן שאין בו כוח.

האופה המנוסה היה בוחן את הקמח בידיו. היה לוקח חופן, משפשפו בין אצבעותיו, ורואה אם הוא דק או גס, אם נשרף מהר או לא. כל המדידה היתה לפי נסיונו. וכל כפר וכל עיר הכירו מה שדה שלהם נותן, וזה היה המדד.

במאה התשע־עשרה וביתר שאת במאה העשרים, נכנסה המדידה המדעית. במעבדות פיתחו כלים להפריד את הגלוטן מן הקמח על ידי שטיפתו במים. אחר כך שוקלים אותו, ורואים כמה אחוז מן הקמח הוא גלוטן. ברגע אחד נהפך דבר שהיה תלוי ביד האופה – למספר ברור: עשרה אחוז, שתים־עשרה אחוז, ארבעה־עשר אחוז.

ולא זו בלבד, אלא גם נולדו מכשירים הבודקים את חוזק הגלוטן – אם הוא רך או קשה. זה נעשה יסוד לכל תעשיית הלחם והעוגות. לחם צריך גלוטן חזק, עוגה צריכה גלוטן חלש. כל סדרי המאפיות והמפעלים עומדים על מדידה זו.

בזה רואים שוב: המדידה לא רק גילתה את מה שהיה ביד האופה, אלא הולידה שפה ותעשייה חדשה. היום אין אומרים "קמח זה טוב ללחם", אלא אומרים: "קמח זה 12% גלוטן". מספר נעשה שם של איכות.

ובפנימיות – גלוטן הוא כח החיבור שבעיסה. עד שלא נמדד, הכירוהו רק בידיים – כח נעלם. ברגע שנכנס למספרים, נתגלה כח זה בגלוי, ונעשה שפה עולמית. כל העולם מדבר בלשון אחת – אחוזי גלוטן.

פרק חמישי: מדידת הלחות – מן הלחיצה ביד ועד מכשירי המעבדה

הלחות היא יסוד נסתר בכל חומר. פעמים אינה ניכרת לעין, אך היא קובעת אם דבר יחזיק מעמד או יתקלקל, אם יישאר יבש או יחמיץ. ולכן מצינו כבר בהלכה, שבעשיית מצות מצוה לפסח היו יוצאים החכמים לשדות לבדוק את החיטים – אם יבשו היטב, או שמא נרטבו בגשמים ונשארה בהם לחלוחית.

הלחות הקלה שבגרעין עלולה להחמיץ את הבצק. והיה המנהג לבדוק ביד ממש – לוחצים על הגרעין, שומעים קולו אם קשה או רך, אם מתפורר או נמעך. זו היתה מדידה בחוש, בלי שום כלי.

וכן בעשיית חוטים מן פשתן או מכותנה, היה נוגע מאוד אם הם לחים או יבשים. אם לחים יותר מדי – הם מתעפשים, ואם יבשים יתר על המידה – נשברים ואינם נטווים יפה. בעלי מלאכה מנוסים ידעו להכיר זאת במשמוש החוטים, במתיחתם, בריחם. זו היתה אומנות שחושיו של בעל המלאכה נעשו כלי המדידה.

בעולם הכללי, הדבר נעשה יסוד לתעשייה שלימה. כבר במאות שעברו ידעו יצרני טקסטיל, שהצלחת החוט תלויה במידת הלחות שבסיב. ולכן השתדלו לשמור את הבדים במרתפים לחים במידה, שלא יתייבשו יתר על המידה. אבל כל זה היה אומדנא בלבד.

במאתיים השנים האחרונות נתחדש כלי חדש – **מד לחות (moisture meter).** תחילתו במאזניים עדינות: היו שוקלים את החומר, מייבשים אותו באש או בשמש, ושוקלים שוב. ההפרש במשקל גילה כמה מים היו בו.

אחר כך נבנו מכשירים חשמליים: החומר עובר זרם, וההתנגדות משתנה לפי כמות המים שבו. לבסוף הגיעו מכשירים מודרניים הפועלים באינפרא־אדום, ויודעים תוך שניות כמה אחוזי מים יש בקמח, בחיטה, בחוטי כותנה או פשתן, ואף בעצים לבניין.

בזה השתנה כל עולם החקלאות והתעשייה. היום אין מוכרים קמח בלי לדעת אחוזי הלחות שבו. אין סוחרים בחיטה בלי מספר מדויק של יובש. אין מייצרים בדים בלי לבדוק כמה לחות נותרה בסיב. מספר פשוט – 12% לחות, 14% לחות – קובע אם החומר יצלח או יתקלקל.

רואים אנו שוב את אותו הכלל: מה שהיה בעבר תלוי בעין וביד, נעשה היום מספר ברור. ההלכה דרשה זאת מצד שמירת איסור חמץ, והתעשייה דורשת מצד שמירת סחורה, אבל שניהם הולכים על קו אחד – ככל שמתבררת יותר הלחות, כך מתבררת יותר המציאות.

פרק שישי: מדידת טמפרטורת הבישול והאפייה – מן העין והאש אל המדחום

האש והחום היו מאז ומעולם יסוד הבישול והאפייה. אבל בימי קדם לא היה כלי למדוד את חום האש או את טמפרטורת התנור. כל המדידה היתה לפי העין והנסיון. אופה היה מכניס את ידו לתנור – אם יכול לעמוד שם כמה

רגעים, סימן שהאש מתונה; אם נשרפה ידו מיד – סימן שהתנור חזק. פעמים היה משליך לתוך התנור קש קטן או קמח יבש, ורואה אם נשרף מיד או לא. זו היתה כל שפתם.

גם בהלכה מצינו כן – "יד סולדת בו" (פסחים מ, שבת מ:). זהו שיעור לחום המים, אם כבר הגיע לדרגת בישול או לא. כל השיעור כולו עומד על ההרגשה – אם ידו של אדם סולדת, אין יכול לעמוד. זהו כלי המדידה של חז"ל.

במשך הדורות למדו האופים להיות מומחים בזה. כל אחד ידע לפי צבע הלהבה, לפי ריח העשן, לפי מראה הלחם – כמה חזק החום. אבל הכל היה תלוי בידיעה פנימית, ולא במספרים.

במאה התשע־עשרה התחילו להשתמש במדחומים גם למלאכת הבישול. תחילה רק במעבדות, למדוד חום של נוזלים. אחר כך נכנס הדבר למטבחי הגדולים – מדחום לטבילה בשוקולד, מדחום לבשר, מדחום לחלב.

היום זה שפה שלמה: מאתיים מעלות צלסיוס לאפייה, תשעים מעלות לבישול איטי, ארבע מעלות לשמירת חלב, מינוס עשרים להקפאה. המספר נעשה שפה ברורה של כל מטבח ותעשייה.

ובזה נשתנה כל עולם המזון. כי ברגע שניתן לקבוע מספרים, נולדו מתכונים קבועים. כל אדם בעולם יכול לאפות לחם לפי מספרים – מאתיים מעלות, ארבעים דקות – ויצא דומה. מה שבעבר היה תלוי ביד האומן – היום נהפך לשפה אחידה.

בפנימיות רואים אנו שוב: האש היא דבר חמקמק, כל הזמן עולה ויורדת. המספר נותן לה קביעות. במקום שאש אחת אינה דומה לחברתה, המדחום קובע אמת אחת. ובזה מתבטאת תמצית כל המדידות: לקחת דבר משתנה, ולהעמידו במספר קבוע.

פרק שביעי: מדידת זמן אחסון ותוקף המזון – מן ריח החיך אל מספרי התאריך

אחד הדברים המרכזיים בחיי המזון הוא שאלת שמירתו. מתי אוכל טוב, ומתי הוא כבר מקולקל? בימים קדמונים לא היה בזה מספר ולא סימן קבוע. כל המדידה היתה ביד האדם – בריח ובטעם. אם הבשר התחיל להסריח – אמרו שאינו ראוי. אם הלחם התעפש – ידעו שכבר עבר זמנו.

גם במקרא ובחז"ל אנו מוצאים עניין זה. הַמָּן, למשל, "וירם תולעים ויבאש" (שמות טז, כ). לא היה מספר של ימים, אלא עצם המציאות הראתה מתי אינו טוב. וכך בהלכה: דג שמריח רע – אסור. כל הקביעה תלויה בחוש האדם, לא בתאריך קבוע.

במשך הדורות פיתחו אנשים דרכים לשמור מזון: מליחה, עישון, ייבוש. גם כאן – כל המדידה היתה לפי עין ונסיון. איש זקן היה יודע לומר: "דג זה יכול להחזיק עוד שבוע", אבל הכל היה אומדן ולא מספר.

המהפכה התחילה עם כניסת המדע המודרני. כשנתגלה שיש בעולם חיידקים וזיהומים זעירים, הבינו שלא די בריח ובטעם. כי לעיתים האוכל נראה טוב, אך כבר נולד בו חיידק המזיק. מכאן נולדה הדרישה למדידה אחרת – זמן מוגדר, "תוקף."

כך הופיעו הכתובות על גבי כל מזון: "תאריך ייצור", "עדיף להשתמש לפני", "תאריך תפוגה". המספרים הפשוטים הללו – יום, חודש, שנה – נעשו השפה של כל המזון בעולם. לא עוד "נראה טוב" או "נראה רע", אלא מספר ברור: אם עבר, אסור למכור.

היום זה נוגע בכל תחום – חלב, גבינה, בשר, לחם, שימורים. הכל מסומן במספרי תאריך. והמספרים הללו אינם רק לסדר, אלא גם להצלת נפשות. כי אדם שאינו מריח ולא טועם, יכול לדעת במספר פשוט – אם האוכל טוב או לא.

ובזה רואים שינוי יסודי. בעבר החיך היה השופט. היום המספרים שעל האריזה הם השופטים. הריח והטעם נדחקו הצידה, והמספרים נעשו אמת עולמית.

בפנימיות, הדבר מראה מהות המדידה בכלל. היא לוקחת דבר סובייקטיבי – ריח, טעם, תחושה – והופכת אותו לדבר אובייקטיבי, שווה לכל. מה שהיה פעם אומנות של טבח או בעל בית, נעשה חוק ותעשייה לכל העולם.

פרק שמיני: מדידת הערך הקלורי – מן כוח החיים אל מספרי הקלוריות

מאז ומקדם ידע האדם שהמאכל נותן לו כח. החקלאי, אחר שאכל פת ושמן, קיבל כח לעבודתו. הלוחם, אחר שאכל בשר ושתה יין, קיבל כח למלחמתו. אבל הכל היה תלוי בהרגשה פנימית – אוכל זה מחזק, אוכל זה מכביד, אוכל זה מחליש. לא היה להם כלי למדוד כמה כח יש בכל מאכל.

גם בלשון חז"ל מוצאים ציור זה. אמרו על הדבש שהוא מחזק (יומא פג:), ועל הבשר שהוא מכביד. על היין אמרו שהוא משמח, אבל גם מרפה כח (עירובין סה:). כל ההבחנות הללו היו לפי תחושת החיים, לא לפי מספרים.

במאה התשע־עשרה נתגלה מושג חדש – **קלוריה**. תחילה היה זה מושג פיסיקלי: כמה חום נוצר בשריפת חומר. לקחו גרם אחד של מאכל, שרפו אותו במכשיר מיוחד (קלורימטר), ומדדו כמה חום יצא ממנו. מזה קבעו: מאכל זה נותן כך וכך קלוריות.

ברגע שהמספר נכנס, השתנה כל עולם המזון. פתאום אפשר היה לומר: תפוח אדמה – מאה קלוריות, כוס חלב – מאה וחמישים, קילוגרם לחם – אלפיים. לא עוד לשון של "מחזק" או "מחליש", אלא מספר ברור, השווה לכל בני אדם.

ולאט לאט נבנתה שפה שלמה. הרופא אומר: אדם זה צריך אלפיים קלוריות ביום. הפועל – שלושת אלפים. הילד – אלף וחמש מאות. וכל זה שפה שלא היתה כלל קיימת בעולם הקדמון.

בפנימיות, זהו גילוי גדול. כי מה שנקרא אצל הקדמונים "כח החיים" – נעשה אצלנו מספר. ואמנם אין המספר תופס את כל חיות המאכל, כי המאכל נותן גם שמחה, גם רגש, גם בריאות שלא תימדד במספר. אבל עצם כח ההזנה – נכנס לתוך מספר פשוט.

ובזה רואים את אותה תנועה שאנו הולכים בה לכל אורך הספר: מה שהיה אומנות חיים, נמדד במספר. מה שהיה הרגשה, נעשה חוק. ובזה נולדה תעשייה חדשה: ספירת קלוריות, תוויות מזון, תפריטים לפי מספרים.

נמצא, שהמעבר מן "כח החיים" אל "מספרי הקלוריות" הוא מעבר מן הרגש הפנימי אל השפה העולמית. כל העולם מדבר היום בלשון זו, אף מי שאינו מבין מהי קלוריה באמת, יודע שכל מאכל יש לו מספר קלורי, והוא עצמו נשקל לפי זה.

פרק תשיעי: מדידת הוויטמינים והמינרלים – מן החוש הכללי אל המעבדה המדעית

בימי קדם ידע האדם כי יש מאכלים שמחזקים ומבריאים, ויש מאכלים שמחלישים. החולה שקיבל מרק עדשים או מרק עוף – התחזק. הילד שגדל על פירות וירקות – היה בריא. אבל הכול היה ידיעה כללית, לא מספרית. לא ידעו מה יש בתוך המאכל, אלא אמרו: "מאכל זה טוב", "מאכל זה חלש."

חז"ל כבר הכירו הבדלים כאלו. אמרו (ברכות מד:) "זית שמן – משיב לב", "יין – משמח", "לחם – משביע". כל מאכל נמדד לפי התועלת הכללית

שהוא נותן לאדם. אבל לא היתה לשון של יסודות נפרדים – ויטמינים או מינרלים – ולא מספרים.

במאה התשע־עשרה התחילו החוקרים לגלות שיש במאכלים חומרים דקים, שבלעדיהם הגוף אינו יכול לחיות. תחילה קראו להם "יסודות חיים", ואחר כך נתנו להם שמות מיוחדים – ויטמינים. כל ויטמין נמדד במיקרוגרמים וביחידות בינלאומיות. אם בעבר אמרו "הדרים טובים נגד חולי הצפדינה", היום אומרים: "תפוז מכיל 50 מ"ג ויטמין C."

וכן במינרלים – ברזל, סידן, מגנזיום. בעבר הכירו רק את התוצאה: מי ששותה מים מן ההר – בריא, מי ששותה מים מן הביצות – חולה. היום יודעים למדוד כמה חלקי ברזל יש בליטר מים, כמה סידן יש בחלב.

מהפכה זו הולידה שפה חדשה שלימה. הרופא אומר: אדם זה חסר ברזל, צריך להוסיף 18 מ"ג ליום. ילד זה חסר סידן, צריך 800 מ"ג. אשה הרה צריכה חומצה פולית. כל זה שפה של מספרים, שלא היה לה זכר בעולם הקדום.

ובזה השתנה גם עולם התעשייה. כל מאכל נארז עם תווית – כמה ויטמינים ומינרלים יש בו. אדם שקונה לחם או דגני בוקר רואה מספרים מדויקים – כמה אחוז מן הצורך היומי. המספרים נעשו שפה גלויה לכל.

אך יש לזכור: גם כאן, המדידה אינה תופסת את כל מהות המאכל. כי המאכל נותן גם שמחה, גם סיפוק, גם תחושת חיים. כל זה לא נמדד במספרים. אבל עצם ההזנה – נתפסת היום בדיוק מדעי.

נמצא, שהמעבר מן "מאכל זה בריא" אל "מאכל זה מכיל 50 מ"ג ויטמין" הוא חלק מן המעבר הכללי: מן התחושה האישית אל המספר האובייקטיבי. וככל שהמדידה דקה יותר, כן מתרבה ההבנה והשליטה בחיי האדם.

מן עולם הסגולה אל עולם המספר

בימי קדם לא הכירו בני אדם את שמות הוויטמינים והמינרלים. לא היה בידם מושג של "חומצה פולית", "ויטמין C", "ברזל", או "סידן". אבל היה בידם דבר אחר – ידיעת הסגולות. ידיעה זו לא באה מתוך מעבדה וכלי מדידה, אלא מתוך נסיון החיים, מסורת קדומה, והקשבה עדינה להשפעת הצמחים והמאכלים על האדם.

ידעו שיש עשבים שמחזקים את הלב, ויש פרי שמרפא את העיניים, ויש מאכל שמבריא את הבטן. וקראו לזה **סגולה**. תיאור פשוט: "מאכל זה מחזק", "עשב זה מרפא". לפעמים אף נרשם בספרי הרפואה העתיקים: "טוב הוא לשחין", "טוב הוא לדלקת."

היום, כשנכנסו הכלים המדעיים, התברר שחלק גדול מאותן סגולות אכן יש להן יסוד טבעי ברור. מה שנקרא פעם "סגולת הרימון" התברר כהיותו עשיר בוויטמין C ונוגדי חמצון. מה שנקרא "סגולת השום" התברר שיש בו חומרים אנטיביוטיים טבעיים. מה שנקרא "סגולת היין הישן" התברר שיש בו פוליפנולים המחזקים את הלב.

אין הכוונה שכל מה שנקרא סגולה הוא אך ורק עניין של חומרים טבעיים. פעמים רבות כוונת רבותינו גם לצד רוחני או סמוי מן העין. אבל ודאי שחלק גדול מן הידיעות העתיקות שהוגדרו כסגולה, כהיום נקראות בלשון אחרת – ויטמינים, מינרלים, חומרים פעילים.

במובן זה, העולם לא השתנה, אלא השפה השתנתה. פעם אמרו "סגולה", היום אומרים "ערך תזונתי". פעם אמרו "עשב זה מחזק", היום אומרים "מכיל 18 מ"ג ברזל."

ובזה רואים את אותו קו העובר בכל ספרנו: מה שנאמר פעם בלשון חוויה כללית, נמדד היום במספרים. מה שהיה פלא, נעשה מדע. ובכל זאת הפלא

לא פג – כי פלא הוא שהקב"ה הטמין בכל עשב ובכל פרי חיות עדינה, וכל דור מגלה אותה לפי כליו.

פרק עשירי: מדידת הטעם והריח – מן אומנות החיך אל מכשירי החישה

הטעם והריח הם החושים הדקים ביותר במזון. בימים קדמונים לא היה שום כלי למדוד אותם, רק האדם עצמו – החיך והאף – היו המדידה. אומני היין היו טועמים את התירוש ומרגישים את מתיקותו, חריפותו, חמיצותו. טבחי המלכים היו בוחנים את תבשיליהם לפי ניחוח הקדרה, אם מושך לב או אם מסריח.

חז"ל עצמם התייחסו לכך פעמים רבות. אמרו: "אין מברכים אלא על ריח שיש בו הנאת הנשמה" (ברכות מג.), הרי שהריח נחשב חוויה עדינה ונמדד לפי ההרגשה הפנימית. וכן בעניין טעימת התבשיל בשבת – "אין בישול אחר בישול בלח", אבל הכל לפי טעימת הפה. לא נמצא בשום מקום מספר או שיעור מדויק לריח או לטעם, אלא תחושה כללית.

בימי הביניים נבנתה אומנות שלימה של טועמים – אנשים שהתמחו להכיר יין, שמן, חלב, לפי החיך. אבל גם אז – הכל היה תלוי באדם ולא במספר. כל אחד קבע לעצמו, ולא היתה אמת אחת כללית.

בדורות האחרונים נולדה דרישה למדידה גם בזה. בעולם היין, הקפה, התבלינים, ביקשו לא להסתפק באומנות הטועמים, אלא לקבוע שפה אחידה. כך נולדו סולמות של טעם – חמיצות בדרגה אחת עד עשר, מתיקות בדרגה אחת עד עשר, מרירות בדרגה אחת עד עשר. גם בריח נולדו סולמות כאלה.

ובדורנו נכנסו גם מכשירים חשמליים – "אף אלקטרוני" ו"לשון אלקטרונית". מכשירים אלו מזהים מולקולות נדיפות או חומרים מתוקים

ומרים, ומוציאים מספרים ברורים. אין זה עוד תלוי בטועם אנושי, אלא במדידה מדעית.

ובכל זאת, ברור שעדיין עיקר ההנאה היא בחוש האדם. המספרים באים לסדר, לאמת, לתת כלי למסחר ולתעשייה. אבל סוף סוף, אדם אינו אוכל מספרים – הוא אוכל טעם, הוא נושם ריח.

בזה רואים שוב את אותו קו: כל מה שהיה בעבר אומנות אנושית, נעשה היום מדידה במספר. מה שהיה תלוי בחיך של אמן יחיד, נעשה שפה עולמית. אבל הפלא נשאר – טעם וריח אי אפשר לכלות במספר. תמיד יישאר בהם עומק שאין כלי שיכול למדוד עד תומו.

סיכום שער שני – מדידות המזון והמשקים

המזון והמשקה היו תמיד לב החיים. אבל הדרך למדוד אותם נשתנתה לגמרי במשך הדורות. בימי קדם, כל המדידה היתה תלויה בחוש האדם – בעין, בחיך, בריח, בידיים. כל אומן, כל טבח, כל אופה ויינן, היו בוחנים במגע ובטעם, ומכירים לפי נסיונם מה טוב ומה פגום. לא היה שום מספר, לא אמת אחידה, אלא הכל אומדנא וחוויה.

בפרקים שבשער זה ראינו איך כל אחד מתחומי המזון עבר מן האומנות אל המדידה:

– מדידת מתיקות הענבים ואחוזי היין: בעבר – טעם התירוש בחיך. היום – רפרקטומטר ואחוזי בריקס ברורים.

– מדידת החומציות: בעבר – "זה חמוץ" או "זה מתוק". היום – pH במספר מדויק.

– מדידת השומן בחלב: בעבר – מראה הלבן והברק. היום – מבחנה ומספרי אחוזים.

– מדידת הגלוטן בקמח: בעבר – תחושת הידיים בעיסה. היום – שקילה ובדיקות מעבדה.

– מדידת הלחות: בעבר – לוחצים ביד על גרעין או חוט. היום – מד־לחות חשמלי.

– מדידת חום הבישול: בעבר – יד סולדת, צבע הלהבה. היום – מדחום ומספרי מעלות.

– מדידת תוקף המזון: בעבר – ריח וטעם. היום – מספרי תאריך ייצור ותפוגה.

– מדידת הערך הקלורי: בעבר – "מאכל זה מחזק". היום – מספרי קלוריות לכל מאכל.

– מדידת הוויטמינים והמינרלים: בעבר – "סגולה". היום – מיליגרמים, יחידות מדידה.

– מדידת טעם וריח: בעבר – אומנות החיך. היום – סולמות טעימה, ואף מכשירים חשמליים.

כל אלו מראים תנועה אחת: מה שהיה תלוי באדם ובחושיו, נעשה שפה של מספרים. בכך נבנה סדר עולמי – מסחר הוגן, תעשייה אחידה, רפואה מדויקת.

אבל גם ניכר הפער: מספרים אינם תופסים את כל עומק ההנאה. טעם וריח, שמחה וסיפוק – נשארים מעל המדידה. בזה יש חיבור של שני עולמות – המדידה נותנת סדר, והחושים נותנים חיים.

נמצא ששער המזון והמשקים מלמדנו ביותר מכל: איך המדידה הפכה את חיי היום־יום מאומנות אישית לחכמה כללית. כל העולם היום מדבר בשפה אחת – אחוזים, מעלות, קלוריות – ושפה זו היא הפתח להבנת המציאות,

אך גם תזכורת שכל מספר עדיין רק לבוש, והעיקר הוא החיות שהקב"ה הטמין בתוך המאכלים.

שער שלישי: מדידות הטבע והאויר

מבוא לשער שלישי – מדידות הטבע והאויר

הטבע שסביב האדם – האויר, החום, הקור, הגשם, הרוח – היה כולו חוויה של הרגשה. אדם יצא החוצה ואמר: היום חם, היום קר, הרוח חזקה, הגשם שוטף.

אבל במשך הדורות נבנו כלים לכל אלו: מד חום, מד לחץ אויר, מד גשם, מד רוח. ההרגשה הפכה למדידה, לשפה של מספרים.

פרק ראשון: מדידת החום והקור – מן תחושת הגוף אל מספרי המדחום

מאז בריאת האדם היה החום והקור אחד מן הדברים היותר ניכרים לו. החום שורף, הקור מקפיא. אבל כל הידיעה היתה בחוש בלבד. אדם הרגיש אם קר לו או חם לו, אם נעים לו או צורב לו. לא היה בידו מספר ולא מדרגה קבועה.

גם בלשון חז"ל מצינו זאת: "יד סולדת בו" (שבת מ:), שיעור חום המים שנחשב בישול – תלוי בתחושת היד, אם יכולה לעמוד בו או לא. לא נאמר מספר, אלא תחושה כללית. זה היה המדד היחיד – החוש של האדם.

בימי קדם חכמי יוון ניסו להגדיר דרגות חום, אבל לא במספרים אלא בלשונות: קר, פושר, חמים, רותח. וכן גם ברופאים הקדמונים, כל רפואה נבנתה על איזון החום והקור בגוף, אבל הכל בלשון ציורית ולא במספר.

במאה השבע־עשרה נעשה חידוש גדול – המצאת המדחום. תחילה על ידי גליליי וחכמי איטליה, שבנו כלי עם מים או עם כספית, שעולה ויורד לפי החום. אז נולד לראשונה מושג של מספר קבוע לחום ולקור.

ואחר כך נבנו סולמות: פרנהייט, צלסיוס, קלווין. בכל מקום נתנו מספרים ברורים – מאה מעלות צלסיוס רתיחה, אפס מעלות קרח. ברגע שהופיעו המספרים, כל השפה השתנתה. כבר לא רק "חם מאוד" או "קר מאוד", אלא מספר אחד לכולם.

המספרים הללו נעשו יסוד לחיי אדם. בלי מדידה לא היה אפשר לעשות רפואה – לדעת אם יש חום ארבעים מעלות או לא. בלי מדידה לא היה אפשר לשמור מזון – לדעת אם החדר קר מספיק או לא. בלי מדידה לא היה אפשר להבין את הטבע – לחשב חום השמש, חום הארץ, חום הגחלים.

בזה נפתח עולם שלם של חכמות – פיסיקה, מטאורולוגיה, רפואה. החום שהיה דבר מורגש בלבד, נעשה מספר מדויק.

ובפנימיות, יש כאן לימוד: עד שלא נמדד, החום הוא תחושה אישית – אחד אומר קר, אחד אומר חם. כשנכנס המספר, מתגלה אמת אחת לכולם. זהו יסוד המדידה – לקחת דבר יחסי ולהפכו לשפה כללית.

פרק שני: מדידת הלחות – מן תחושת הדביקות אל האחוזים המדעיים

הלחות היא דבר נסתר יותר מן החום והקור. חום מרגיש כל אחד מיד, אבל לחות אינה תמיד ניכרת. פעמים היא מורגשת כדביקות בידיים, פעמים ככובד באויר, פעמים כריח טחב. בימי קדם זו היתה כל המדידה – החושים.

אנשי השדה ידעו לומר: "האדמה לחה", "הבגד לח", "האוויר מחניק". כך ידעו אם אפשר לזרוע או לא, אם התבואה תעלה יפה או תרקב. גם בהלכה

אנו מוצאים עניינים רבים של לח ויבש – בשר לח, פת לחה, טומאה בלח ולא ביבש. אבל הכל היה תלוי בעין וביד, לא במספרים.

במאות האחרונות נולד הצורך להגדיר לחות במספרים. תחילה בבתי חרושת ובמחסני תבואה. כי אם יש לחות יתרה – החיטים מתעפשות, הקמח מתקלקל. וכן בבדים – אם הלחות גבוהה, הבד מתעפש; ואם יבשה מדי – הבד נשבר. גם באוויר – אם לחות גבוהה, קשה לאדם לנשום, והכלים מחלידים.

מכאן באו מכשירים למדידת הלחות, הידועים בשם **היגרומטר** .ראשיתם במאה השבע־עשרה, כשבנו כלי פשוט – שער של בעלי חיים המתקצר ומתרפה לפי הלחות. אחר כך התפתחו מכשירים חשמליים, והיום יש חיישנים דקים ביותר, המראים במספרים כמה אחוזי מים יש באוויר או בחומר.

המספר נעשה שפה עולמית: חמישים אחוז לחות – טוב לאדם. תשעים אחוז – מחניק ומסוכן. עשרים אחוז – יובש גדול. כל העולם יודע היום במספרים מה שפעם היה תלוי בהרגשה בלבד.

והחידוש איננו רק באוויר. גם בחיטה, בעצים, בבדים – הכל נמדד במספרי אחוזי לחות. יצרן לא ימכור חיטה בלא בדיקת לחות, ולא יבנו בית בלי לבדוק עץ בלחות מסוימת. מספר פשוט נעשה יסוד לתעשיות ענק.

בפנימיות, הדבר מראה מהותה של מדידה: לקחת דבר נסתר, דק ועדין, שאין העין שולטת בו, ולהעמידו במספר גלוי. בזה מתבררת מציאות חדשה – שאדם יכול לסמוך עליה ולא רק להרגישה.

פרק שלישי: מדידת לחץ האוויר – מן משב הרוח אל מספרי הברומטר

האוויר עצמו הוא דבר שאינו נראה, ואפילו מרגישים בו רק כשהוא זז. בימי קדם היו אנשים יודעים את האוויר על פי הרוח: אם היא מנשבת בחוזקה – סימן לשינוי מזג האוויר, אם היא קלה – סימן לרגיעה. גם בעלי חיים היו ניכרים בכך, כי הסוס היה נעשה עצבני והציפורים עפות נמוך. אבל לא היה בידם כלי לדעת אם האוויר עצמו לוחץ יותר או פחות.

חז"ל הזכירו רוח ומזג, כגון "רוח צפונית יפה לחיטים" (בבא בתרא קמז.), אבל לא דיברו על לחץ האוויר במספר, כי מושג זה לא היה בנמצא. הלחץ היה נסתר לגמרי – אין עין רואה ואין יד נוגעת.

במאה השבע־עשרה נעשה חידוש גדול על ידי טוריצ'לי תלמידו של גליליי, שהמציא את **הברומטר**. הוא לקח צינור מלא כספית והפך אותו בכלי, והראה שהכספית נשארת תלויה בגובה מסוים – וזה מפני לחץ האוויר שמחזיק אותה. כאן נגלה לראשונה לעיני העולם שאוויר לוחץ, ואפשר למדוד אותו במספרים.

מאותו זמן נכנסו מספרים חדשים: 760 מילימטר כספית – הלחץ הרגיל בגובה הים. פחות מזה – סימן שמזג האוויר סוער או גובה המקום גבוה. יותר מזה – לחץ חזק. מספרים אלו נעשו שפה שלימה לחיזוי מזג האוויר.

המדידה הזאת פתחה עולם שלם. בלי מדידת לחץ אוויר לא היה אפשר להבין סופות, עננים, רוחות. גם לא היה אפשר להמריא בכדור פורח או במטוס. כל טיסה וכל מזג אוויר עומדים על מדידה זו.

בזה ניכר השינוי הגדול: בעבר היו מרגישים רק את משב הרוח, היום יודעים במספרים את עצם הלחץ הסמוי שתמיד מקיף את האדם.

ובפנימיות, הדבר מגלה יסוד: מה שסובב את האדם תמיד, עד שאינו מרגיש בו, יכול להתברר במספר. הלחץ שהיה נסתר – מתגלה, ונעשה שפה עולמית.

פרק רביעי: מדידת המשקעים – מן מראה העננים אל מספרי המדידה

בימי קדם היו הכל תלויים במבט השמים. רועה היה מרים עיניו לעננים, ואם ראה כובד בענן – היה יודע שיבוא גשם. גם אכר היה מריח בריח האדמה, אם נרגשה בו רטיבות, והיה אומר שעננים מוכנים לשפוך מימיהם. חז"ל הזכירו לא אחת ענן שמכסה שמש או ענן שמביא מטר, וכגון האמור "עננים ורוח וגשם אין" (משלי כה, יד). כל הסימנים היו בראייה בלבד, בלי מספרים ובלי כלי מדידה.

אבל משעה שהעולם התחיל לשאול לא רק *אם* ירד גשם אלא *כמה* ירד, נולד הצורך במדידה. ראשיתו במאות האחרונות, כשבנו כלים פשוטים – כלי זכוכית או מתכת בצורת גליל, שמעמידים אותו פתוח בפה לשמים, וכל טיפה שנופלת נאספת לתוכו. אחר כך היו מודדים את גובה המים בסרגל. הכלי נקרא בשם **מד־גשם**.

כך נולד המספר החדש: מילימטרי משקעים. כל מילימטר הוא שכבה דקה של מים אילו היו נפרשים על פני כל הקרקע. אם ירדו עשרה מילימטר בלילה – סימן שכל קרקע קיבלה עשרה ליטר למטר מרובע. בלשון זו מדברים חקלאים, מגדלי תבואה ויושבי מדבר, כי כל טיפה נחשבת.

עם הזמן, כשנבנו תחנות מטאורולוגיה מסודרות, נרשמו המספרים יום יום ושנה שנה, וכך התברר לכל ארץ ולכל עונה כמה ממטרים ירדו. במקומות מדבריים – כמעט אפס. בארצות הגשם – מאות ואלפי מילימטרים לשנה.

במדידה זו יש יסוד עמוק: הגשם היה נחשב לדבר סתום, מתנה מהשמים שאין לה שיעור. היום נמדד הוא במספר, ונעשה חלק מן השפה המדעית. אלא שגם אחרי כל המדידות, הברכה או הקללה שבגשם – עודנה מן השמים, כי מספרים לבדם אינם מביאים את המטר, אלא רק מגלים כמה ירד.

פרק חמישי: מדידת החום והקור – מן תחושת הגוף אל מעלות המדחום

האדם תמיד ידע להרגיש את החום ואת הקור. ילד קטן היוצא בבוקר אומר: היום קר, והאדם החולה אומר: גופי חם. לא היה בזה שום מספר, רק לשון הרגש. חז"ל דיברו על אדם ש"לוהט מחום", או על ימים ש"קרירותם רבה". החום היה בלבוש המילים בלבד – חם מאוד, פושר, קר.

כשהרפואה ביקשה לדעת אם יש חולי, נסתכלו הרופאים בפנים, נגעו במצח, והרגישו ביד אם החום גובר. גם בבעלי חיים היה כן – הבהמה שהרגישה חם בגופה נודעה בעין לרועה.

החידוש בא כאשר באו למדוד מספרים. הראשונים שהמציאו כלי לכך היו באיטליה של ימי הרנסנס, לפני כארבע מאות שנה. לקחו צינור זכוכית ובו מים או יין, וכשנתחמם – התרומם הנוזל. זה היה היסוד של מה שנקרא לימים **תרמוסקופ** .אלא שעדיין לא היה בו מספרים, אלא רק עלייה וירידה.

אחר כך הוסיפו מדרגות, קבעו נקודות קבועות – נקודת הקרח ונקודת הרתיחה – ומדדו את מה שביניהם. כך נולד **המדחום** (תרמומטר). גבריאל פרנהייט קבע את שיטתו בתחילת המאה הי"ח, ואחריו צלסיוס במאה הי"ח המאוחרת. ומאז, כשאדם חולה, אין מסתפקים בהרגשת היד אלא אומרים: יש לו ארבעים מעלות.

ההבדל גדול מאוד: בעבר היו אומרים "חום גדול", ולא ידעו אם זה חום קל או מסוכן. היום כשאומרים 38 או 41 – יש בזה מידה ברורה לכל רופא ולכל מדינה.

והנה, לא רק חולי נמדד במספר, אלא כל אקלים. ארץ אחת – 25 מעלות בקיץ, אחרת – 10 מתחת לאפס בחורף. החום והקור נעשו שפה משותפת לכל העולם.

ומכל מקום, נשאר יסוד הרגש – האדם בעצמו מרגיש קור וחום, ולעיתים מרגיש מה שאין המדחום מראה. כי המדידה מגלה צד אחד, והחיים עצמם מגלים צד אחר.

פרק שביעי: מדידת הזמן – מהצל שבשדה עד לשעון האטומי

מן הדברים הראשונים שהאדם עמד עליהם היה הזמן. כבר בימי קדם לא היה צריך חכמה מרובה כדי לראות שהשמש עולה בבוקר ושוקעת בערב, ושיש יום ולילה. אבל כשביקשו להבדיל בין שעות שונות ביום, התחילו למדוד את הצל. אדם עומד בשדה, רואה שהצל שלו מתארך או מתקצר, ומזה יודע אם קרוב לצהרים או לערב. כך היה מדידת הזמן הראשונה – בעין.

בהמשך נבנו השעונים הראשונים – שעון השמש, שבלשון חז"ל נקרא "מעלות" או "מדרגות". חקקו אבן או עמוד, ועליו חריצים וסימנים, ולפי הצל ידעו איזו שעה ביום. אחר כך בא שעון המים – כלי מלא מים שמטפטף טיפה אחר טיפה, ולפי ירידת המים ידעו כמה זמן עבר. גם שעון החול היה כך – שעון פשוט, רק גרגרי חול שנופלים בכלי צר, והוא מודד זמן של שעה או פחות.

אבל כל אלה היו אומדנות, בלי דיוק רב. דיוק יותר גדול התחיל עם המצאת השעון המכני בימי הביניים. גלגלים, קפיצים ומשקולת נתנו אפשרות להחזיק זמן קבוע, שלא תלוי בשמש או במים. זה היה מהפכה עצומה: כבר לא היו תלויים באור השמש או במזג האוויר, אלא היה לכל אדם שעון בביתו.

אחר כך בא השעון עם המטוטלת, שאיפשר דיוק גדול יותר, עד כדי שניות. זה נתן מקום לכל התקדמות המדע – אסטרונומיה, ניווט בים, רכבות – הכל תלוי בשעון מדויק.

ובעולם שלנו באה מדרגה חדשה: שעון הקוורץ, שעון הדיגיטלי, ולבסוף – השעון האטומי. השעון האטומי אינו סופר גרגרי חול ולא תנועת גלגלים, אלא מבוסס על תדר פנימי של אטום הצסיום. זה כבר דיוק עצום – טעות של שניה אחת בכמה מיליוני שנים. כל התקשורת, הלוויינים, האינטרנט, הטיסות – הכל בנוי על דיוק זה.

וכך אנו רואים: הזמן שהתחיל בצל של אבן בשדה, מגיע עד קרני האטומים. מה שהיה פעם אומדן של חקלאי, נעשה מדידה של מדענים בכל העולם.

אבל גם כאן נשארה הנקודה הפנימית – האדם מרגיש זמן גם בלי שעון. יש ימים שהזמן "עובר מהר" או "עובר לאט", ויש שעה שהיא "שווה יותר" משעות רבות. נמצא, שהמדידה המדויקת היא חיצוניות, ואילו חוויית הזמן היא פנימיות, והאדם חי בין שניהם תמיד.

פרק שמיני: מדידת התנועה והמרחק – מן ההליכה ברגל ועד המטר, הקילומטר והלוויין

כל מסע של אדם מתחיל בצעד אחד. בעבר, מדידת הדרך לא היתה במספרים מדויקים אלא בחוויית ההליכה. אדם היה אומר לחברו: "מרחק יום הליכה", או "מכאן עד שם חצי יום". זה היה המדד – לא קילומטרים

ולא מטרים אלא עצם קצב רגלי האדם. וכך אנו מוצאים גם בלשון חז"ל "מהלך יום", "מהלך חמש מאות שנה", ואפילו במקרא "דרך שלשת ימים."

אחר כך נתפשטה מדידת המרחק ביחידות פשוטות מן הגוף עצמו – אמה, טפח, פסיעה. האמה – אורך הזרוע, הפסיעה – צעד רגיל, והטפח – כף היד. כל ארץ ומדינה קבעו לעצמן מדות משלהן, עד שלא היה סדר אחד בכל העולם. היו מדינות שמדדו במיילים, אחרות בפאותום, אחרות ב"ליגות". הבלבול הזה היה גדול, והקשה על מסחר ותחבורה בין עמים.

נקודת המפנה היתה בזמן החדש, כאשר קמו חכמי צרפת והציעו את **השיטה המטרית**. המטר נקבע כאורך קבוע – במקור לפי חלק אחד מתוך עשר מיליון של המרחק מן הקוטב עד קו המשווה. זה היה חידוש גדול: לא תלוי בגוף האדם, לא תלוי בארץ פלונית, אלא מדידה אחידה לכל העולם. וממנו נבנו הקילומטר, הסנטימטר, וכל שאר המדות.

אחר כך, עם התפתחות התחבורה – ספינות, רכבות, מכוניות, מטוסים – גדלה מאוד ההכרח במדידה מדויקת. לא די לומר "יום הליכה" אלא צריך לדעת בדיוק כמה מרחק, כמה זמן תיסע הרכבת, ואיזו מהירות נצרכת.

וכיום, הגיעו למדידה מדויקת עוד יותר – **הלווין וה-GPS**. לא עוד צעד אדם ולא אמה, אלא קרן אור מן השמים, מן הלוויין שמודד את מיקומו של כל אדם על פני האדמה בדיוק של מטרים ואף סנטימטרים. כך נעלם כמעט כל חוסר הוודאות.

אבל שוב יש להדגיש: גם כאן יש מדידה פנימית. לא כל מרחק נמדד במטרים. לפעמים דרך קצרה מרגישה לאדם ארוכה מאוד – כשהיא קשה, כשהוא עייף, כשהלב כבד. ולעומת זאת, מרחק ארוך יכול לעבור "כחץ מקשת" כשהלב שמח או כשהחבורה נעימה. נמצא שגם במדידת המרחק יש החיצוניות – כלי המטר, וגם הפנימיות – חוויית הדרך.

פרק תשיעי: מדידת כח הסוס ומעברו למדידות הכח המודרניות

במשך אלפי שנים, כל תנועת האדם וכל מסעו בעולם היו תלויים בכח הסוס. הסוס היה כלי־הרכב, הוא היה כח התנועה, הוא היה המדד היחידי למהירות וליכולת לשאת משאות. מי שהכיר סוס בריא ומהיר, היה יודע למדוד את המרחק לפי כמה שעות רכיבה יכול הסוס לעמוד. וכן גם בשיירות – לא ספרו קילומטרים ולא מילין, אלא "דרך יום לסוס", "חצי יום לרכיבה."

כח הסוס לא נמדד במספרים קבועים, אלא בהרגשת המציאות. כל רועה וכל פרש ידע לומר: סוס זה יכול לשאת כך וכך, לרוץ כך וכך, בלי שמנו מספרים אלא לפי נסיון. כך היה גם במדידת הצבא – צבא שנמדד בכמה סוסים יש לו, בכמה פרשים מהירים, ולא במטרים ולא בקילוגרמים.

המעבר הגדול בא כאשר באו המכונות הראשונות של הקיטור. אז רצה ג'יימס וואט להסביר לבני דורו כמה כח יש במכונה שלו. אנשים לא הבינו מהו "לחץ של אדים", אבל הבינו היטב מהו "כח של סוס". לכן קבעו מידה חדשה, **horsepower**: כח־סוס. חישבו כמה משקל יכול סוס להעלות בזמן נתון, וקבעו שזה יהיה יחידת המדידה. מכאן ואילך כל מנוע נמדד בכמה "כוחות סוס" יש בו.

מתוך זה נבנתה בהירות חדשה: הכח איננו תלוי רק בחיה החיה, אלא אפשר למדוד אותו במספרים, ביחידות קבועות, ולהשוות בין מנוע למנוע, ובין כח־אדם לכח־סוס. כאן היתה הקפיצה מן האומדנא והנסיון – אל השפה המספרית המדויקת.

עם הזמן, מדידת כח הסוס עצמה נעשתה קבועה יותר. כבר לא הסתפקו באומדן של פרש, אלא חישבו לפי משוואות פיזיקליות – עבודה, אנרגיה,

כח, הספק. היום כל יחידות המדידה בעולם נקבעות ביחידות של ג'אול, ניוטון, וואט. אבל הכל יצא מאותה נקודה – מדידת כח הסוס.

פרק עשירי: מדידת זרימת המים והרוח – מן החוויה אל המדע

המים והרוח היו תמיד יסוד חיי האדם. כבר בימי קדם בנו טחנות מים וטחנות רוח, הניחו את הגלגלים תחת הזרם או מול הרוח, והרגישו בכחם. אולם המדידה היתה תחילה בדרך פשוטה, בדרך חושית: "זרם חזק" או "זרם חלש", "רוח עזה" או "רוח קלה". כל חקלאי וכל מלח ידע להרגיש אם הזרם יספיק להפוך את הגלגל, אם הרוח תספיק למלא את המפרשים.

במקרא ובחז"ל גם כן מצינו לשונות כאלה – "רוח סערה", "קול מים רבים", הכל מתואר במושגים של חויה. לא נתנו מספרים ולא יחס קבוע.

אבל כשנבנו ערים גדולות והוצרכו להוביל מים בצינורות ובאמות, נוצר הצורך למדוד: כמה מים זורמים, כמה גבוה אפשר להעלותם, כמה רחוק אפשר להוליכם. היוונים והרומאים עשו אומדנות לפי חתך התעלה ולפי גובה המים, אבל עדיין זה לא היה מדע מדויק אלא חכמה מעשית.

בימי הביניים, עם חכמי ערב ואירופה, התחילו לחשוב כיצד למדוד את הזרימה עצמה. בנו כלים פשוטים: מצוף קטן שנישא עם הזרם, או גלגל קטן שספר את הסיבובים לפי מהירות המים. אלו היו ראשית מדידות הספיקה.

בימי הספנים הגדולים, כאשר יצאו למסעות בים, נעשתה המדידה הכרחית. בלי לדעת את כח הרוח ומהירות הזרם, לא יכלו לחשב את מהלך הספינה. אז המציאו את – "log line" חבל עם קשרים במרחקים קבועים, שהשליכוהו לים וראו כמה קשרים נמשכים בזמן מסוים. מכאן באה המידה "קשר" – מדידת מהירות הספינות עד היום.

בעת החדשה, עם חכמי הפיזיקה – ברנולי, טוריצ'לי, פסקאל – נעשתה המדידה מדעית. הבינו שמהירות המים והרוח תלויה בלחץ, בצפיפות, ובמשוואות קבועות. נבנו מד־זרימה (flowmeter), מד־רוח (anemometter), מד־לחץ (barometer).

מה שהיה קודם אומדן – נעשה מערכת של מספרים מדויקים. מכאן נבנו כל ההנדסות: מהנדסי מים יודעים בדיוק כמה קוב מים זורמים בשעה בצינור; מהנדסי אוירודינמיקה יודעים בדיוק כמה מהירות יש לרוח ואיך היא פוגעת במטוס.

המעבר הזה, מן "חזק או חלש" – אל "כך וכך ליטר לשנייה" או "כך וכך קשרים" – היא דוגמה חיה איך התפתחות המדידה הביאה את כל העולם להתקדמות חדשה.

פרק אחד עשר: מדידת מהירות – מן הסוס ועד הרכב

מדידת המהירות היא צירוף של שני דברים: מדידת הדרך ומדידת הזמן. כל זמן שלא היה לאדם כלי מדויק לזמן, כל מדידה היתה בגדר אומדן בלבד. אף על פי כן, גם בימי קדם עסקו בזה רבות, כי בלי ידיעה במהירות לא היה אפשר לנהל מלחמות, מסעות ותחבורה.

אצל חז"ל אנו מוצאים לשון "פרסה – ארבעה מיל" (פסחים צג/ב), וידעו כמה פרסאות אפשר לאדם ללכת ביום, וכמה לסוס לרוץ. כל החשבון היה לפי שעות היום – שהרי מדדו "מעלות השמש", "משתשקע החמה", "משעלה עמוד השחר". וממילא ידעו לחשב כמה מהלך עובר בהמה או רץ סוס בשעה מסוימת. זה היה יסוד המדידה ביבשה.

בימי יוון ורומא עסקו במדידת "קצב הריצה" לאדם ולחיה. הפרשים והמרכבות נמדדו לפי כמה דרך יכלו לעבור ביום שלם, או בזמן מסוים. אומדן זה היה חשוב הן בצבא – לדעת כמה זמן יגיע חיל־עזר ממקום למקום

– והן במסחר – לדעת מתי תגיע שיירה. לא היו להם מספרים אחידים, אלא כל אחד העריך לפי נסיונו, ובכל זאת כל העולם היה חי על מדידת מהירות, אפילו בלי מספרים ברורים.

בים התפתח מושג אחר – "מדידת קשרים". כדי לדעת כמה מהר נוסעת ספינה, היו זורקים חבל ארוך לים עם קשרים במרחקים קבועים, וסופרים כמה קשרים חלפו בשעה. מכאן יצא שם המדה "קשר (knot) "הנהוג עד היום במדידת מהירות הים. כאן כבר ניכרת חכמה יתירה: מדידה קבועה של אורך החבל, וצירוף הזמן לפי שעון חול. עדיין לא מדויק כשעון שלנו, אבל הרבה יותר ברור מאומדנא בעלמא.

רק לאחר שהאדם זכה לשעון מדויק – תחילה שעון חול ואחר כך שעון מכני – נפתח הפתח לחשבון ברור: הדרך נמדדה במדות שוות (מיל, קילומטר), והזמן נמדד בשעות שוות. בצירוף שניהם נולד מושג "מהירות" בלשון מספר ברור. מכאן נולדה לשון המדידה של ימינו: "קילומטר לשעה."

מה שהיום כל ילד אומר "הרכב רץ מאה קילומטר לשעה" הוא המשך ישיר של מה שאמרו אבותינו "הסוס רץ פרסה בשעה", או שהמלח אמר "הספינה הולכת כך וכך קשרים". כל ההבדל הוא בבהירות. בעבר היה זה אומדן, עם מדות שונות לפי מקום ועם. כהיום הכל נמדד במדה אחת, מוסכמת על כל העולם, ולכך השפעתו עצומה: כל החשבון של רכבות, רכבים, מטוסים, ואפילו זרימת מים בצינור – הכל מתנהל לפי מדידת מהירות.

וביסוד הדבר רואים כלל: כל זמן שהאדם מקבל דיוק במדידה אחת – כמו מדידת זמן – הוא זוכה לפתוח בו־בזמן דיוק במדידה אחרת – כמו מדידת מהירות. החכמה נבנית נדבך על נדבך, וכל תחום גורר תחום אחר.

פרק שנים עשר: מדידת מסעות – זמן, מרחק ומהירות

המסע היא אחת הפעולות היותר עתיקות של האדם, והמדידה שבו היא יסודית לכל חיי החברה. מאז יצא האדם לשדות ולדרכים, שאל את עצמו כמה זמן יארך הדרך, מהו המרחק, וכמה מהיר צריך ללכת או לרכוב כדי להגיע למחוז חפצו. שלש מדות אלו – זמן, מרחק ומהירות – שלובות זו בזו, וכל שינוי באחת מהן משפיע מיד על השניה.

בימי קדם לא היה בידם אלא אומדנות. אמרו דרך היא יומא, כלומר מסע של יום, או שני ימים, או שבעה ימים. הזמן שימש להם כמדת המרחק. המרחק לא נמדד במספרים של אמות או מילין אלא בשעות הליכה. אמרו: "מכאן לירושלים – שלשה ימים". זה היה לשונם של כל בני הדורות, והיה בזה אמת, כי עיקר חיי האדם הוא הזמן.

כשנתפשט חשבון הדרך ביחידות שוות – מיל, פרסה, אמה – נולד מושג המרחק כעצם לעצמו. לא רק "מסע של יום", אלא "כך וכך מיל". זה כבר נתן אפשרות לחשב: אם אדם הולך מיל בשעה, הרי במסע של עשר שעות יגיע לעשרה מיל. החשבון הפשוט הזה היה יסוד לתכנון דרכים, צבאות, ולוחות זמנים.

המהירות היתה בתחילה חלק מהטבע – הסוס מהיר מן האדם, המרכבה מהירה מן הסוס. לא ספרו מהירויות במספרים, אלא באמרות. רק כשנולד דיוק במדידת הזמן נולדה האפשרות למדוד מהירות ממש. אז באו ללשון "כך וכך פרסאות בשעה", או בלשון הימאים "כך וכך קשרים". מה שהיה אומדן נעשה מספר ברור.

בימי הביניים התחילו סוחרים וצליינים לכתוב ספרי דרכים ובהם חשבון המדידה – כך וכך ימי דרך בין עיר לעיר, ולעיתים אף חשבו את המרחק במדות ממש. מכאן באו לוחות מסעות ברורים, ששימשו את הצבאות והמדינות.

בזמן החדש, כשנתחדש השעון המדויק, נולד חידוש עצום: החיבור בין שלשת המדות במחשבה אחת. אם המרחק ידוע, והזמן נמדד בדיוק, אפשר לחשב את המהירות. ואם המהירות ידועה, אפשר לחשב את הזמן הצפוי להגיע. זהו חשבון פשוט – חילוק וכפל – אך הוא פתח עולם חדש של תכנון וחשבון. כל תחבורה מודרנית עומדת על זה.

מסע הרכבת נמדד לפי זמני הלו"ז המדויקים, מסע הרכב לפי מספרי הקילומטרים לשעה, מסע המטוס לפי מהירותו באוויר. אפילו המסע שבים – קשרים – אינו אלא אותו חשבון בעצמו. שלש המדות נעשו אחדות אחת, וכל אדם מבין אותן בפשטות.

ובפנימיות נראה, שכל זה בנוי על גילוי כח הסדר שבבריאה. הזמן, המקום, והתנועה אינם דברים נפרדים, אלא שלשה צדדים לדבר אחד. ככל שהאדם יודע למדודם יחד, הוא שולט יותר בדרכו ובחייו. מה שבימי קדם היה תלוי באומדנא והערכה, נעשה כהיום חשבון ברור לכל, ומכח זה נבנו כל תחומי התחבורה, המלחמה, המסחר והמדע.

פרק שלשה עשר: מדידת זרימה – מים, דם ואויר

כשהתבוננו הקדמונים בתנועת המים, לא ראו בזה אלא תופעה טבעית – הנהר זורם, המעיין נובע, המים ממלאים את הכלי. לא היה בידם מדת מספר להגדיר כמה מים זורמים וכמה כח יש בהם. לכל היותר תיארו בעין: זרם חזק, זרם חלש. זה היה אומדנא של הרגש ולא חשבון ברור.

אולם עם הזמן נצרכה האנושות להבחין בדקדוק. תחילה לצורך תעלות מים וטחנות. בעלי המלאכה ראו כי לא די לדעת אם הנהר זורם, אלא צריכים לדעת כמה מים עוברים בכל רגע כדי שיטענו את טחנת הקמח. מכאן נולדה החכמה למדוד את "ספיקת המים" – כמה כמות עוברת בזמן. תחילה היה זה

במדות פשוטות, כגון: כמה דליים בשעה. אחר כך נתבררה חכמה זו למספרים מדויקים – ליטרים בשניה, מטרים מעוקבים לשעה.

בד בבד עם מדידת המים, התחילו גם להתבונן בזרימת הדם בגוף האדם. גילוי גדול היה בימי הרופא ויליאם הארווי במאה הי"ז, שהראה כי הדם סובב בכלי הדם במעגל. אבל בתחילה לא ידעו למדוד כמה דם זורם, כמה פעימות הלב שואבות, ומהו הלחץ הפנימי. רק עם המצאת הכלים המדויקים – מד לחץ הדם, סטטוסקופ, ובדור האחרון אולטרסאונד ומכשירי זרימה – נפתח עולם חדש של רפואה.

וכן בענין האויר. זמן רב חשבו בני אדם כי האויר הוא דבר קלוש שאין לו ממשות. עד שגילו כוח הלחץ האטמוספרי – כמה משקל יש לאויר על כל גוף – ואז התחיל ענין המדידה של זרימת האויר. כך נולדו מדידות של מהירות הרוח, לחץ האויר, וכמות החמצן. כל עולם המטאורולוגיה – מדידת מזג האויר – בנוי על יסודות אלו.

יש לראות בזה סדר פנימי. תחילה האדם שם לב לזרימה הגלויה – המים בנהרות. אחר כך עבר לזרימה הנסתרת שבתוך גופו – הדם. אחר כך גילה שגם מה שנראה אויר ריק, יש בו כח עצום, והוא זורם בלחץ ובמהירות. וכך נפתחו לפניו שערי חכמה.

בפנימיות הענין, כל מדידה של זרימה מגלה לאדם שהחיים עצמם אינם עומדים, אלא זורמים כל הזמן. החיים אינם אבן דומם, אלא נהר זורם. ככל שהאדם יודע למדוד ולכוון את הזרימה, הוא יכול לשלוט יותר בעולמו. וממילא כל הכלים של הדור – משאבות, צנרות, מטוסים, כלי שיט, ואף רפואת הלב והריאות – אינם אלא תולדות גילוי כח המדידה בזרימה.

סיכום שער השלישי – מדידות הטבע והאויר

במדידות הטבע ניכר עד כמה נעשה העולם כולו מדוד. בלשון חיה ופשוטה היו אומרים – "קר עד עצמות", "רוח סערה", "גשם שוטף". וכל זה נתהפכה – למעלות, מילימטרים, פסקל, קמ"ש.

המציאות לא השתנתה – השמש זורחת והגשם יורד – אלא האדם שינה את שפתו, והכניס את הבריאה כולה לתוך המספרים. זהו הציור החי של "איך נשתנה העולם": מן הרגש הישיר והפשוט, אל עולם מדויק ומדוד.

שער רביעי – מדידות אדמה וחקלאות

מבוא לשער רביעי – מדידות אדמה וחקלות

מאז בריאת העולם האדם היה תלוי באדמתו. אך במשך דורות רבים כל עבודת האדמה נמדדה רק בעין ובחוש – צבע הקרקע, ריח האדמה, טעם המים, עמידת השתיל. כל המדידות המדויקות של היום – מכשירים, מספרים, דוחות – לא היו. וכך, חקלאי היה חי כולו מתוך תחושה פנימית, מתוך נסיון העוברים מדור לדור. רק כאשר נכנסה המדידה לעולם החקלאות – נפתח שער חדש של עמל ושל תבונה.

חומציות הקרקע

בעבר לא ידעו למדוד את החומציות. אמרו סתם: "אדמה זו טובה ליין", "אדמה זו מרה". היו טועמים את המים, נוגעים בעפר, יודעים אם היא כבדה או קלה. כהיום יש מספרים מדויקים של pH. יודעים שהקרקע הזאת 6.8 – טובה לחיטה, והקרקע הזאת 5.4 – טובה לענבים. המדידה הזאת שינתה את כל העולם, כי היום אפשר להביא אדמה רחוקה ולתקן אותה באבקות וסיד, כי יודעים מה חסר בה.

מליחות המים

בימי קדם שתו מה שיש. אם המים מלוחים – אמרו "מים רעים" או "מרים" (כמו בימי אלישע הנביא). היום יש מדידות מדויקות של אחוזי המלחים, חלקיקים למיליון (ppm), ויכולים לדעת מתי המים מזיקים לזרע, מתי ייבשו את הקרקע. המדידה הזאת נתנה פתח להשקיה מבוקרת, להתפלה, להובלת מים רחוקים.

משקל היבול לדונם

בעבר לא ידעו אלא אומדן. אם השנה ברוכה – "שדה עושה אלף שערים", ואם מקוללת – "עושה עשר שערים". הכל היה בלשון משל ומליצה. היום מודדים בדיוק: כך וכך קילוגרמים של חיטה יצאו מכל דונם. המדידה הזאת הביאה לידי שכלול כלים, זריעה מדויקת, דישון, והשוואה בין מדינות.

מדידת זרעים וצמיחה

פעם היו סופרים רק בעין: זרקו חופן זרעים, אמרו "נזרע הרבה ונקווה לטוב". היום מודדים משקל זרעים מדויק ליחידת שטח. סופרים נביטות באחוזים – כמה זרעים יצאו, כמה לא. מודדים גובה השתיל בסרגל, בוחנים את צבע העלים באחוזי כלורופיל. בזה נמדד כל מהלך החיים של הצמח.

מדידת חיות הבקר והצאן

בימי קדם ידעו רק במשקל עין. "שור זה שמן", "כבשה זו כחושה". כהיום יש מאזניים גדולים ששוקלים כל עגל ועגל, מחשבים עליה במשקל ליום. מודדים חלב בפרות – ליטרים ליום, אחוזי שומן. מודדים ביצים בתרנגולת – מספר לשנה, משקל לכל ביצה. המדידה הזאת שינתה את הכלכלה כולה – יודעים לחשב אם העדר כדאי או הפסד.

סיכום השער הרביעי

בשער זה רואים איך יצאה החקלאות מחוש האיכר אל החשבון המדויק. בעבר החקלאי היה עבד לטבע – אם השנה טובה או רעה, כך היה חי. היום יש בידו מדידות – חומציות, מליחות, משקל, גובה, תוצאות. וכל מדידה אחת פתחה פתח לכלי חדש, לשיטה חדשה, ולחיים מסודרים יותר.

פרק ראשון: חומציות הקרקע

האדם הקדמון, וכל חקלאי בדורות קודמים, לא הכיר את המושג "חומציות" כלל. כל מה שידע היה אם הקרקע נותנת ברכה או לא. היו מבחינים בצבע

האדמה, האם שחורה ועשירה או חולית ויבשה. היו טועמים את המים שעליה, מריחים את העפר ביד, ולפעמים אפילו טועמים גרגרים בפה לדעת אם יש מרירות או מתיקות קלה. בזה סיימו את המדידה. אם היתה אדמה "כבדה" אמרו שהיא שותה מים לאט. אם "קלה" – אמרו שהיא יבשה ומהירה. לא היה להם שם ולא היה להם מספר.

במשך אלפי שנים היה האדם תלוי בידיעה חיצונית זו. כל שדה היה ידוע לשכניו: שדה זה נותן חיטה יפה, שדה זה חמצמץ ולא טוב. ומי שנולד באותה עיירה ידע זאת מפי זקניו. כך עבר הידע במסורת, כמו תורה שבעל פה של עובדי האדמה.

רק בזמנים קרובים יותר נפתח המדע למדוד את עצם "חומציות הקרקע", והבינו שהקרקע נושאת בתוכה חומרים חומציים או בסיסיים, והם המשפיעים על כח הזרע והצמיחה. נתגלה המושג "pH" שהוא מדרגה קבועה, מן האפס עד עשר ומעלה, ולכל צמח יש דרישתו המדויקת. חיטה דורשת קרקע סמוכה לנייטרלי, כרם זקוק לחומציות בינונית, אורז אוהב קרקע חומצית יותר.

המדידה הזאת נתנה מפתח אדיר ביד החקלאי. כי אם הקרקע אינה מתאימה – יכול הוא לשנותה. מוסיף סיד ומעלה את ה־pH, מוסיף גופרית ומורידהו. נמצא שהחקלאי אינו רק עבד לקרקע, אלא מושל בה. ובזה נתהפך סדר החיים: במקום שאבותינו היו אומרים "הקרקע הזו מקוללת" – היום בא חקלאי מודד ואומר "הקרקע זו חומציותה 5.4, נוסיף לה סיד ונמתיק אותה."

נמצא כי המדידה הזאת לא רק גילתה סוד, אלא גם נתנה רשות לאדם לתקן. ויותר מזה: היא הפכה את הקרקע לדבר נמדד וניתן למסחר. אפשר לקנות אדמות ולדעת בדיוק מה כוחן, בלי להיות תלוי רק בנסיון דורות.

וכאן יש להבין עומק כל המדידות: כל זמן שאין מדידה – האדם חי בחוש. חוש נותן חיים ורגש, אבל אין בו שליטה. ברגע שנכנסת המדידה – יש ביד האדם מספר, ובמספר הזה הוא מתקן ומסדר את המציאות.

פרק שני: מליחות המים

כמו בחומציות הקרקע, גם ענין מליחות המים היה ידוע לאבותינו רק בדרך החושים. אם המים היו מתוקים – שתו מהם ושקו בהם את הבהמות והגידולים. אם היו מלוחים – לא היו ראויים לשתיה, ולעיתים גם לא להשקיה. כבר מצינו בחז"ל לשון "מים מלוחים" או "מי סדום", וידעו כי מים אלו מקלקלים את האדמה ואינם ראויים לחיים.

החקלאי הקדמון לא היה זקוק לכלי מדידה. די היה לו לטעום בפיו, לראות אם המים טובים או מקולקלים. במקומות רבים נבנתה כל התיישבות סביב מעיין מתוק. כאשר הבארות היו נמשכות למי תהום עם מליחות גבוהה – היו נאלצים לעזוב את המקום. כך היה טבע העולם, הכל תלוי בחוש פשוט.

אולם בימינו נתחדש דבר עצום. אפשר למדוד את מליחות המים במספרים. המכשירים מגלים כמה "חלקיקים מומסים" יש בליטר אחד, מה שנקרא **TDS** (Total Dissolved Solids). והמספר הזה קובע אם המים ראויים לשתיה, אם הם מזיקים לגידולים, ואם אפשר להשקות בהם כלל. נמצא שהיום אין צורך להסתמך רק על הטעם בפה, אלא עוד קודם שנוטעים נטיעה יודעים בדיוק אם המים יסבלו או לא.

המדידה הזאת פתחה דלת גדולה לחקלאות המדברית. כי במדבר רוב המים מליחים. בלי המדידה, כל נסיון היה בהפסד. עם המדידה – יודעים מראש מה גבול השימוש, ומתקנים באמצעים שונים, כגון סינון, התפלה, או דילול במים מתוקים.

מלח המים אינו רק ענין להשקיה. הוא קובע גם איכות חיי אדם. אם המים מלוחים מדי – הם פוגעים בלב ובכליות. אם מתוקים מדי – חסרים מינרלים הדרושים לגוף. נמצא שהמדידה לא רק מבררת את הקרקע, אלא גם את חיות האדם.

ובזה אנו רואים סדר אחד: כל זמן שהמדידה לא נתגלתה – העולם היה סגור בחושים ובמסורת המקומית. כאשר נפתח כח המדידה – נפתח כח השליטה, ונתגלתה האפשרות לישב מקומות חדשים ולבנות עולם שלם.

פרק שלישי: משקל היבול לדונם

בימי קדם היה ברור לכל חקלאי אם שנתו טובה או רעה. אם האסם נתמלא עד למעלה – סימן שהיבול רב. אם נותר חצי ריק – סימן שדלה התבואה. זו היתה מדידה בחוש, במדד פשוט של "יש הרבה" או "יש מעט". איש לא חישב בדיוק כמה שקים יצאו מן הדונם, אלא הכל היה נמדד ביחס לשנים קודמות או ביחס לשכן.

בחז"ל מצינו 'בית סאה', מקום שאפשר לזרוע בית סאה, ויוצא עשר סאה, בימינו נתחדש בדיוק מדידת **היבול ליחידת שטח** ,מה שנקרא משקל היבול לדונם (או לאקר, או להקטאר).

בזה נפתחה דרך חדשה של חקלאות מדעית. כי ברגע שאפשר לשים את האצבע ולומר: שדה זה נתן שלשת אלפים ק"ג חיטים לדונם, והשדה הסמוך נתן רק אלף וחמש מאות – מיד מתעורר בירור: מה גרם להבדל? הקרקע? הדשן? המים? הזן?

המדידה אינה רק לצורך ידיעה, אלא היא נעשתה יסוד לכל השבחת הזרעים והדרכים. אין טעם לומר "השנה טובה" אם לא נאמר כמה בדיוק. וכל מה שהעולם מתעסק עם זנים חדשים, עם דשנים מודרניים, עם השקיה בטפטוף – הכל תלוי בזה שיש בידינו מספרים מדויקים על ההפרש שבין זה לזה.

ומלבד זאת – מדידת היבול נעשתה יסוד כלכלי. כי בימינו אין די לומר "השנה ברכה" – צריך לדעת כמה טון יוצא מן המדינה, כמה יוצא לייצוא, כמה נשאר לאכילת תושביה. החקלאות הפכה לחשבון מסודר, וכל חשבון נבנה על מדידה מדויקת.

נמצא, מה שהיה פעם ידיעה פשוטה באסם הכפרי, נעשה היום מדע שלם – מדע הסטטיסטיקה החקלאית. וכל מדידה זו אינה רק מספר, אלא היא שהובילה אל השבחת הצמחים, אל חקלאות אינטנסיבית, ואל חישוב כלכלת עמים שלמה.

פרק רביעי: מדידת זרעים וצמיחה

החקלאי של ימים עברו לא עסק במדידת הזרעים אלא בשק הפשוט. היה לו שק של חיטים, והוא ידע בערך כמה שקים יפזר לכל שדה. אם שדה קטן – די בשק אחד, אם גדול – צריך שנים או שלשה. זו היתה מדידה כללית, לפי עין ולפי נסיון, ולא מספר מדויק של גרעינים או של גרמים.

במשנה ובגמרא אנו מוצאים לשונות של מדידה כללית: "סאתים חטים, סאתים שעורים" (פאה א, ב), או "הזורע חצי לוג" (כלאים פ"ה). הכל היה לפי מדת סאה או לוג, ולא בחישוב קטן. די היה לדעת הכמות הנצרכת לחריש ולזריעה, ולא יותר.

אבל בימינו נכנס חידוש עצום – מדידה של זרעים במדויק. לא עוד "שק" ולא עוד "סאה", אלא כמה גרעינים בדיוק נזרעו לכל מטר מרובע, כמה גרם של זרעים הונחו, ואפילו כמה נבטים יצאו בפועל מן הזרע. זהו מעבר מעולם ההערכה לעולם החישוב.

לא זו בלבד, אלא גם עצם הצמיחה נמדדת. אין מסתפקים לראות אם עלו ירוקים, אלא סופרים בדיוק כמה אחוזים נבטו, כמה אחוזים לא נבטו, כמה

צמחים נותרו לאחר דילול, וכמה אחוזי הצלחה יש בשדה זה לעומת השדה השני. בזה נפתח מדע חדש – מדע הנביטה והצמיחה.

יתרה מזו, אף קצב הגידול נמדד. יש מדידה של אורך הגבעול מיום ליום, של שטח העלים, של צבע העלים, של תכולת הכלורופיל שבהם. כל אלה נבדקים במכשירים מדויקים, עד שאפשר לדעת בדיוק כיצד הצמח מתקדם – אם הוא רעב, אם הוא צמא, אם הוא חולה, אם הוא משגשג.

מה שהיה בעבר ענין של "החיטה יפה" או "השעורה רזה", נעשה היום טבלאות שלמות של מספרים, אחוזים וגרמים. וכל מדידה זו אינה רק לשם ידיעה, אלא היא שהובילה להצלחת החקלאות המודרנית: זנים משופרים, שימוש נכון בדשנים, ותכנון של יבול גדול ומבוקר.

נמצא שהמדידה בזרעים ובצמיחה היא מפתח להצלחת כל החקלאות החדשה. כי רק על ידה אפשר להבחין בין זן לזן, בין קרקע לקרקע, ובין דרך זריעה אחת לשניה.

פרק חמישי: מדידת חיות הבקר והצאן

הרועה של ימים עברו היה יודע את צאנו ובקרו מתוך הסתכלות פשוטה. הוא הכיר בעיניו מי היא הפרה השמנה ומי היא הדקה, מי מן הצאן בריא ומי חולה. די היה לו לראות את החיה הולכת או שומע את קולה כדי להכיר את מצבה. כל המדידה היתה על פי מראה עיניים וניסיון החיים, ולא במספרים מדויקים.

גם בלשון חז"ל מצאנו סימנים כאלו. "כבשים לבנבנות, עזים שחורות" (בכורות ה, ז), "זו חלב שמינה וזו כחושה" (חולין פח, א). הכל היה סימנים כלליים – שמן ורזה, בריא וחולה – ולא מדידות במשקל ובמספר.

אבל בדורות האחרונים נתפתח מדע מדויק של מדידת החיות. לא עוד הסתכלות כללית, אלא מדידה של כל פרט ופרט. משקל החיה נשקל באופן קבוע, ונרשמים מספרי קילוגרמים בכל שבוע ובכל חודש. יבול החלב נמדד בכל חליבה – כמה ליטרים נתנה הפרה בבוקר וכמה בערב. גם איכות החלב נמדדת – כמה אחוזי שומן יש בו, כמה חלבונים, וכמה חיידקים מצויים בו.

בבשר גם כן מודדים. יודעים לחשב מראש כמה בשר ייתן עגל מסוים לפי משקלו, לפי זנו, ולפי מידות גופו. ובמדידות רפואיות יודעים כמה חום הגוף של החיה, כמה פעימות לב יש לה בדקה, ומה קצב נשימתה.

יתר על כן – בימינו נמדד אף כוח ההולדה של הצאן והבקר. יש רשימות מדויקות כמה פעמים המליטה פרה זו, כמה טלאים ילדה כבשה זו, ומה אחוזי הפוריות של כל עדר. מתוך המספרים הללו עושים בחירה מדעית, איזה זן להרבות ואיזה זן להמעיט.

אם בעבר היתה עבודת הרועה בנויה על הרגשתו האישית, היום עבודת החקלאי בנויה על מדידות מתמידות. וככל שמתרבים המדידות – מתרבה ההבנה בצאן ובבקר, ויודעים לגדל אותם באופן בריא ורווחי.

הרי מבואר שגם כאן היסוד הוא כוח המדידה. בעבר "טוב" ו"רע" היו מושגים כלליים לפי העין, והיום "טוב" ו"רע" הם מספרים מדויקים.

סיכום שער רביעי – מדידות אדמה וחקלאות

בימים קדמונים היה החקלאי מביט אל האדמה, אל השדה ואל צאנו, ומכיר מתוך הרגשה פשוטה אם יש ברכה או חיסרון. האיכר ידע אם הקרקע טובה או דלה, אם המים מתוקים או מרים, אם היבול מרובה או מועט, ואם הצאן שמנים או כחושים. כל המדידות נעשו בעיניים ובלב, לא בכלים.

עם הדורות התפתח כוח המדידה, וכל תחום קיבל כלי משלו.

בקרקע נולד המדע של חומציות ומליחות – בעין אי אפשר להכיר זאת, אך במדידה של pH וכדומה מגלים איזה גידול יכול לצמוח כאן. באדמות המלוחות שבמדבר אפשר היום לגדל גידולים, בזכות המדידה והשליטה במליחות.

במים נמדדת רמת המלחים והחנקות, וכך יודעים אם הם ראויים להשקיה. בלא זה לא היה אפשר לקבוע אלא לפי טעם החיך בלבד, והיום יודעים לחשב מספרים.

בזרעים ובצמיחה נמדדת כמות הזרעים, עומק זריעתם, זמן הנביטה, אחוזי הצמיחה וכמות האור והשמש הדרוש להם. כל חקלאי מודרני יודע בחשבון כמה זרעים יעלה בכל דונם, וכמה אחוזי קליטה יצאו מהם.

ביבול נמדד משקל הגרעינים, משקל הפירות, כמה קילוגרמים לכל דונם, ואפילו כמה ליטרים מים נצרכו כדי לגדל כל קילוגרם של תבואה. הכל נכנס לחשבון מדויק.

בצאן ובבקר נמדד המשקל, החלב, אחוזי השומן, מדדי בריאות, קצב נשימה, פוריות והולדה. אין עוד הסתפקות במראה עיניים של "בריא" או "חולה", אלא מספרים מדויקים קובעים את הכל.

נמצא ששער זה מראה בבירור איך כל החקלאות נשענת על כוח המדידה. ברגע שנכנסה בהירות המספרים, נתחדש עולמות שלמים – זנים חדשים, שיטות השקיה ודישון, שמירה על בריאות החי והצומח. הכל נולד מן המדידה.

שער חמישי – מדידות מלאכה ותעשיה

מבוא לשער חמישי – מדידות מלאכה ותעשיה

בימי קדם עיקר המלאכה נעשתה בידיים, בעין ובהרגשה. הנגר היה מודד את הקרש באצבעותיו ובזרועו, הברזל הותך ונמדד לפי צבע האש, כלי החומר נמדדו לפי מראה העין והאומן היה יודע אם הכלי עבה מדי או דק מדי. הכל היה תלוי בחוש האדם ובמסורת עבודתו.

התקדמות המדידה שינתה את פני המלאכה כולה.

מדידות אורך, רוחב וגובה נכנסו תחילה בחבלים מסומנים, אחר כך בסרגלים ובמשקלות, ולבסוף במכשירים מדויקים עד אלפיות המילימטר. עם בהירות זו התפתחו כלי עבודה שאפשר להרכיבם יחד בלי רווח. רק כאשר האורך נמדד היטב – אפשר להרכיב עגלה, מכונה או בניין יציב.

מדידת משקל, צפיפות וחוזק מתיחה פתחו עולמות שלמים בתעשיה. בעבר ידעו ברזל וכסף, אבל לא ידעו במדויק כמה כוח יעמוד לכל מתכת. היום יודעים למדוד לחץ עד אלפי אטמוספרות, חוזק מתיחה של פלדה או ניילון, ומכוח זה נבנים גשרים ומגדלים שאין להם דמיון בימי קדם.

המדידה של עובי, טמפרטורה ולחץ נעשתה יסוד לכל המפעלים. תנורי ברזל, יציקת זכוכית, חימום נפט או קיטור – הכל תלוי במד חום ובמד לחץ. בעבר הסתפקו בעין: אם הברזל מלובן – ראוי לעבודה. עתה מודדים במדויק: 1200 מעלות, 150 אטמוספרות, עובי 0.2 מילימטר. המספרים שולטים במלאכה.

בכלי עבודה ומכונות התפתחה מדידה כפולה: הן של המלאכה עצמה והן של הכלי. המקצועיים מייצרים מכונה, ואותה מכונה מודדת את עצמה בכל

פעולה. שעוני מדידה, סרגלי חישוב, מדדי סיבוב, כלים אופטיים, לייזרים, הכל נבנה על מדידה קודמת. בלי מדידה לא יתכן דיוק במלאכה.

ההבדל בין העבר להיום נעוץ בזה: בעבר הכל היה אומנות החוש, וכל אומן העביר מסורתו לתלמידו. היום – האומן עצמו נשען על מכשירי מדידה, וכל תלמיד יכול להגיע לדיוקו של רבו אם יש בידו כלים מתוקנים. המדידה עשתה את המלאכה לתעשיה.

פרק ראשון – מדידות האורך, הרוחב והגובה

מדידת המרחב היא היסוד לכל מלאכה ותעשיה. כבר בימי קדם ידעו למדוד אורך ורוחב בעזרת אמות, טפחים ואצבעות. כל ארץ קבעה לעצמה שיעורים: אמה של מצרים, אמה של בבל, אמה של ירושלים. גם בתורה אנו מוצאים שיעור של אמה, טפח ואצבע, הכל נמדד לפי גוף האדם, שהרי אין קרוב ממנו למדוד בו.

הנגר היה מודד קרש לפי זרועו, הבנאי היה מודד אבנים לפי פסיעותיו, החקלאי היה מודד שדה לפי חבלו. כל מדידה היתה יחסית לאדם, ולא לכלי מוחלט. בזה היתה מעלה – שכל אדם יכול למדוד, אבל גם חיסרון – שאין קביעות בין מדידה של אחד לחבירו.

במהלך הדורות התחילו לקבוע כלים קבועים: קנה מסומן, חבלים עם קשרים במרחקים שווים, אחר כך סרגלים ממתכת שלא מתקצרים ולא מתארכים. אלו היו צעד ראשון מן המדידה היחסית למדידה מוחלטת.

התקדמות נוספת היתה במדידות זווית, שהן בעצם מדידות של גובה ורוחב בצירוף. המצאת המשולש, המד־זווית, השעון השמשי – כל אלו אפשרו למדוד לא רק את הקו הישר אלא גם את העלייה והירידה. מכאן התפתחו מדידות בנין, גשרים, והנדסת הצורה.

בעולם המודרני נוספו כלי מדידה מדויקים לאין ערוך. סרגלי פלדה מחולקים עד מילימטר ואלפית המילימטר, מיקרומטר למדידת עובי קטן כקורי שיער, לייזרים למדידת מרחקים של קילומטרים בדיוק של מ"מ אחד. כל אלו בנויים על יסוד אחד – קביעות יחידת האורך, היא המטר, שמקורה במאה הי"ח בצרפת.

כוח המדידה שינה את פני התעשיה כולה. בעבר נגר היה צריך לעמול ימים לבנות שולחן יציב, והכל היה תלוי בידו המדויקת. היום אפשר להעמיד מאות שולחנות זהים, משום שהמכונות מודדות באחידות גמורה. המדידה עשתה את המלאכה למפעל.

זהו עיקר ההבדל בין ימים קדמונים לזמננו: אז – מדידה יחסית, מבוססת על גוף האדם ועל חושיו. היום – מדידה מוחלטת, מבוססת על מספר קבוע ומכשיר מדויק.

פרק שני: מדידות המשקל

מדידת המשקל היא מן העתיקות והעמוקות שבכל המדידות. *"מאזני צדק אבני צדק איפת צדק והין צדק "*(ויקרא י"ט, ל"ו). צריכים לעשות משקל צדק, שאם יטה אדם במאזניו – מערער הוא את יסוד החברה.

בימי קדם המדידה נעשתה במאזני קורה פשוטים: קורה תלויה מן הגג, באמצע הקורה, ושתי קערות בקצותיה. אבני משקל היו כלי המדידה – אבן של כיכר, של ליטרא, של שקל. כמובן בימים ההם היה קשה שתהיה אחידות. לא היה "קומפני" אחד שמספק משקלות לכולם, החוק של המידות לא היה אחידה בכל העולם כמו אצלינו.

בחפירות ארכיאולוגיות בארץ ישראל נמצאו משקולות אבן מתקופות שונות, ועליהן כתוב "פ"ם" (פונדיון), "בקע", "שקל", ועוד, ובכולם נמצאו

הבדלים קטנים במשקל. כי גם אם שמרו על השם – בפועל לא היה תמיד אחידות.

ההבחנה בין כמות לאיכות ניכרת היטב במאזניים .**כמות** היא מה שהעין רואה: כמה גדול החפץ, כמה מקום הוא תופס, מה אורכו ורוחבו. אבל **איכות** היא מהותו הפנימית – מה כובדו, מה צפיפותו, מה כוחו. יכול להיות חפץ קטן מאד אך כבד מאד, ויכול להיות חפץ גדול מאד אך קל מאד. במבט עין קשה להבחין בכך, ורק המאזניים מגלים את האמת הפנימית.

בזה ניכר החידוש הגדול של מדידת המשקל: לראשונה יצאה המדידה מגדר מה שרואים בעין ומרגישים ביד, ונכנסה אל עומק מהות הדבר. לא הגודל ולא הצורה קובעים, אלא הכובד והאיכות. נמצא, שמדידת המשקל פתחה פתח חדש לכל חכמת המדידה – שלא די לראות את הכמות, אלא צריכים לגלות גם את האיכות.

במשך הדורות נתרבו הכלים. באו מאזני קפיץ, שמדדו לפי מתיחת קפיץ מתכת, ובכך ביטלו את הצורך באבני משקל ידועות – הכלי עצמו נעשה המדידה. אחריהם באו מאזני דיוק, עם משקולות קטנטנות – גרגירים ומיליגרמים – ששימשו צורפי זהב ורוקחים. בעולם החדש נוספו מאזני אלקטרוניקה, שמודדים בכוח החשמל עד דיוק של אלפית הגרם, עד כדי שקילה של אבקה דקה או מולקולה כימית.

ומכאן יצאו גם לשאר מדידות: ארכימדס גילה בצפיפות – שכאשר כתר המלך אינו כולו זהב, יידחקו המים אחרת. בזה נתחדש לא רק לשקול אלא לבחון את טיבו של החומר. לצדו באו מדידות חוזק – כמה כוח דרוש לקרוע חבל, לשבור קורה, לכופף עמוד. תחילה ניסו ביד, ואחר כך במכונות מיוחדות, בודקות כמה ק"ג או טון יכול החומר לשאת. בלי מדידות אלו לא נבנו גשרים ולא מגדלים.

צד נוסף למדידה היה המטבעות. שקל, סלע, דינר – לא היו רק כסף למחיר, אלא גם משקל קבוע לשיעורים. השקל של תורה היה "שקל הקדש" –

יחידת משקל מוסכמת. ומכאן התפתחו מערכות שלמות: מנה, ככר, קנטר, ליטרא, אונקיה. בכל ארץ ובכל דור השתנה שיעורם לפי המטבעות שהיו עוברים לסוחר, עד שנמצאו הבדלים גדולים בין יהודה לגליל, בין בבל לארצות אשכנז וספרד.

כך אנו מוצאים: בלשון חז"ל ליטרא היא משקל רומי – כשליש ק"ג. אונקיה – חלק שנים עשר ממנה, כעשרים ושבעה גרם. בארצות אירופה נעשתה הליטרא ליברא ופונד, בארצות אשכנז הופיעו שמות חדשים – זקוק, מארק, לוט. הזהובים, הדוקאט, האסטרלינג – כולם מטבעות ששימשו בסיס לשיעורי ההלכה. אפילו כתובות ונדוניות נכתבו בסכומים קצובים לפי משקל המטבעות: מאה ליטרים, מאתיים זקוקים.

נמצאנו למדים, שמדידת המשקל לא קבעה רק את המסחר אלא גם את שיעורי התורה והחיים. מן האבן ששקלו ביד, אל המאזן, מן המאזן אל הקפיץ, מן הקפיץ אל החשמל, ומן המשקל הגס אל צפיפות, חוזק, ומטבעות. כל זה מגלה כיצד תחום אחד – המשקל – נעשה שער לכל המדידות כולן: בהלכה, ברפואה, בכימיה, בהנדסה ואף באסטרונומיה.

פרק שלישי – מדידת עובי

היסוד הפשוט הוא שעובי נותן את החוזק. בכל מקום בעולם, כשמשווים עבה מול דק – העבה חזק יותר, עומד יותר, מחזיק מעמד יותר. זו תכונה טבעית, גלויה לכל עין: קיר עבה מחזיק יותר מקיר דק, עץ עבה חזק יותר מענף דק, מתכת עבה קשה לשבירה יותר מיריעה דקה.

ממילא תשוקת האדם לחוזק הביאה אותו מדורי דורות לבקש את העובי – בבניינים, בכלים, בכלי נשק ובכל מה שהיה צריך לעמוד מול לחץ וזעזוע.

וכך אנו רואים מראשית הימים: דפנות הבתים היו עבים מאד – ששה טפחים ויותר, כמבואר בתחילת בבא בתרא. חומות הערים נבנו עבים

ורחבים, כדי שיוכלו לעמוד מול מצור ומלחמה. כלי מלחמה – שריונות וברזל – נעשו כבדים ועבים, מפני שהעובי הוא שנתן ביטחון והגנה. גם כלי זכוכית, בתחילת מלאכתם, לא נעשו דקים ועדינים, אלא עבים וגסים, כדי שלא יישברו מיד.

אבל עם הזמן הלכו בני אדם ולמדו דרכים חדשות לחזק את החומר גם בלי עובי מרובה. חישול הברזל וליבונו באש נתנו לו כוח גם כשהיה דק. תערובות של מתכות שונות הוסיפו חוזק אף בעובי קטן.

בזכוכית למדו לייצר לוחות דקים אך מחוסמים, העומדים בחום ובזעזוע. בבנייה מצאו תחליפים לעובי – בטון מזוין, פלדה, עמודים ותומכים – עד שנעשו אפשריים מגדלים גבוהים עם קירות דקים יחסית.

אף על פי כן, היסוד הפשוט לא בטל: עובי הוא גורם גדול לחוזק. גם היום, עם כל חכמות החומרים, עדיין עובי מוסיף עמידות. כשמוסיפים עוד שכבה, עוד מילימטר, זה עצמו מחזק. אלא שכבר איננו תלויים בעובי לבדו, אלא יש עוד גורמים רבים: איכות החומר, תערובותיו, דרכי ייצורו.

ובדורנו רואים זאת היטב. כלים רבים נעשו דקים ועדינים – כגון סעלפונים ופלפונים, לוחות זכוכית מחוסמת, מכונות וכלי עבודה – ואף על פי שהם דקים, הרי חזקים מאד. כל זה מחכמת החומרים, מן הזכוכית המחוסמת והמתכת המעובדת.

ובכל זאת, כל מי שרוצה להוסיף עוד חוזק – מיד מוסיף בעובי. נמצא שהחכמה הדקה אינה מבטלת את יסוד העובי, אלא מצטרפת אליו.

נמצא, שהעובי מספר את סיפור תשוקת האדם לחוזק: בתחילה כל חוזק נבנה על עובי, וככל שנשתכללו מלאכות האדם, למד להשיג חוזק גם בלי עובי גדול. אבל היסוד נשאר בעינו – העובי נותן כוח ועמידה, והוא תמיד אחד מגורמי היסוד בבניין, בכלי ובחיי האדם.

פרק רביעי: מדידת טמפרטורה ולחץ

בימים קדמונים הרגישו בני אדם חום וקור, אבל הכל היה מדידה של חוש בלבד. ידעו לומר שהמים קרים מאוד, או שהאש חמה מאוד, אך לא היה להם לשון מספרית כלל. רק דימויים היו להם – אש לוהטת, רוח קרה, קרח מקפיא. גם בענין הלחץ ידעו לראות אם קיר נתמוטט מן הדחיקה, או אם כלי התפוצץ מן הדחיסה, אך לא היה להם מידה כמה דחיפה יש כאן.

ראשית פריצת הדרך למדידת חום התחילה במדחומים הפשוטים, שהיו בנויים על עליית מים או כספית לפי התפשטותם. זה היה חידוש גדול – לא עוד הרגשה בעלמא, אלא קו עולה ויורד המראה באיזה דרגה עומד החום. מתוך זה נקבעו סולמות שלמים – צלזיוס, פרנהייט, קלווין – שכל אחד נתן שפה של מספרים למושג החום. מאז נפתח פתח לכל חכמת המדע והחיים המודרניים, כי בכל בית ובכל מלאכה צריכים לדעת את חום התנור, את חום הגוף, את חום המים.

וכן בלחץ. כשנודע כח האוויר, שהעולם כולו עטוף במעטה של לחץ, התחילו למדוד בכוסות של מים, בברומטר, כמה כובד יש לאוויר על הארץ. התברר שהלחץ של האוויר משפיע על רתיחת המים, על תנועת הדם בגוף, על עבודת המנוע. מכאן נפתחו כל מדידות הלחץ – לחץ הדם ברפואה, לחץ הגזים בצנרת, לחץ הקיטור במכונות.

אפשר לומר שמדידת טמפרטורה ולחץ היא אחת מנקודות השורש של העולם החדש. בלי מדחום אי אפשר רפואה, בלי מד לחץ אי אפשר תעשיה. כל עולם הכימיה, הפיזיקה והרפואה עומד על היכולת למדוד את שתי התנועות היסודיות – חום ודחיסה.

בעבר לא היה אלא חוש האדם, או לכל היותר לשון כללית של "לוהט", "צונן", "דחוק", "מתפוצץ". כהיום יש מספרים מדויקים, וכל כלי עומד על פי מדידות אלו. ומכאן נמשך הבירור לכל חיי האדם, עד שאין תחום שאין בו מדידה של חום ולחץ.

פרק חמישי: מדידות כלי עבודה ומכונות

כלי המלאכה של הקדמונים היו פשוטים מאוד, גרזן, מגל, מחרשה, פטיש, מקבת. הכל נמדד לפי היד והעין. אם היה הכלי חד דיו – עשה מלאכתו. אם היה ישר דיו – הועיל. לא היתה שאלה כמה שוקל, כמה איזון יש לו, כמה סיבובים יעשה. המלאכה נמדדה לפי כח הזרוע והעין.

אבל עם כניסת המלאכות המדויקות, והתחלת בנין מכונות, נתעורר צורך למדידות חדשות. לא די לדעת שאבן עגולה מתגלגלת, אלא צריך לדעת כמה מהירות גלגולה, כמה משקל היא סוחבת, כמה שחיקה יש לה. לא די בחרב חדה, אלא צריך לדעת מה זווית הלהב, מה חוזק המתכת, כמה זמן תחזיק לפני שתתכהה.

בזה נולד ענף שלם של מדידות – מדידת קוטר צירים, מדידת סיבובי גלגלים, מדידת עוצמת מנוע, מדידת מהירות ריצה של מכונה, מדידת עמידות הכלי בפני שחיקה וחום. כל זה לא היה שייך כלל בימים קדמונים, שבהם הכלי היה כלי ביד אומן, ולא יותר.

עוד צריך להדגיש שככל שהמכונות נתרבו והלכו, נוצרה תלות גמורה במדידות. כל ברזל וכל בורג מוכרח להיות לפי מידה קבועה. כך נולדה "שפת המידות" בתעשיה – מילימטרים, אינצ'ים, זוויות, סיבובים לדקה. בלי זה אין כלי יכול להשתלב עם חברו. בזה גם נוצר מושג חדש של סטנדרטיזציה – שכל כלי וכל מכונה יהיו לפי מידה קבועה שווה לכל העולם.

כך אפשר לראות הבדל עמוק: הכלי הקדמון נמדד לפי האדם המשתמש בו, אם נוח לו ואם עושה מלאכתו, ואילו הכלי החדש נמדד לפי מספרים ותקנים, אם תואם הוא את שאר הכלים, אם מתאים לחוקים של הפיזיקה והמכונה.

במדידות אלו של כלי עבודה ומכונות נחתם שער המלאכה והתעשיה, שבו עבר העולם כולו מן ההרגשה והניסיון הישיר – אל עולם מספרי ומסודר שבו כל חלק נמדד, נבחן ונקבע.

סיכום שער החמישי – מדידות מלאכה ותעשיה

בימים קדמונים המלאכה נעשתה בידיים ובכלים פשוטים, ומדידה היתה לפי עין האומן והרגשתו. אם החרב חדה – היה די בכך. אם האבן ישרה – היתה נחשבת ראויה. המדידה היתה פנימית וחושית, קשורה אל כח הזרוע ונסיון העין, ולא היתה תלויה במספרים חיצוניים כלל.

אבל עם התפתחות המלאכה וכניסת התעשיה, נוצרה בהכרח מערכת מדידות חדשה. בתחילה מדידות פשוטות של אורך, רוחב, גובה ומשקל – כדי לדעת ממדי העצים, האבנים והברזלים. אחר כך נוספו מדידות של צפיפות וחוזק מתיחה – כדי לדעת אם החומר יחזיק מעמד. לאחר מכן נוצר צורך במדידות עדינות יותר – עובי, טמפרטורה ולחץ – מפני שהמכונות דרשו עמידות מדויקת כנגד חום, שחיקה ולחצים פנימיים.

בסוף נתחדש עולם שלם של מדידות מיוחדות לכלי העבודה והמכונות עצמן – קוטר צירים, סיבובי גלגלים, מהירות מנוע, עוצמת חיכוך, דיוק זווית. כאן נולדה "שפת המידות" התעשייתית, עם תקנים קבועים ושווים לכל, עד שכל בורג וכל חלק קטן מוכרח להיות לפי מספר מדויק, כדי שיתאים לכלי אחר בכל מקום בעולם.

נמצא ששער זה מתאר את המעבר ממלאכת אדם בודד, שבה המדידה היא חושית ויחסית, אל מלאכת העולם המודרני, שבה המדידה היא מספרית, מדויקת ואחידה. המעבר הזה יצר אפשרות למכונות עצומות ולמערכות תעשייתיות שאין להן סוף, מפני שכל חלק כבר אינו תלוי ביד האומן אלא במידה קבועה, מוכרת ומוסכמת.

שער שישי: מדידות אנרגיה, אור וקול

מבוא לשער שישי

כל תחום האנרגיה והכוחות הבלתי נראים הוא אחד הפלאים הגדולים של המדידה המודרנית. בעבר ידעו בני האדם רק מה שעיניהם רואות וחושיהם מרגישים. החום נמדד לפי תחושת הגוף, האור לפי מה שעין האדם סובלת או נהנית, והקול לפי מה שאוזן שומעת. לא היה בידיהם שום מספר מדויק שיכול להבדיל בין דרגת אור אחת לשנייה, או בין דרגת חום אחת לחברתה.

החשמל – הוא דוגמה מובהקת. מאות בשנים ראו בני אדם את הברק והרעם, אך לא ידעו למדוד ולאחוז בו. רק כאשר נבנה הכלי הראשון למדידת מתח וזרם, והתחילו לדבר במספרים של וולט ואמפר, נפתח עולם החשמל המודרני. מתוך המדידה נוצרו כל מכשירי החשמל, וכל שאר הפלאות. כי החשמל עצמו היה קיים מקדם, אלא שלא היה מובן ומוגדר עד שנתמדד.

כך גם האור. העין ראתה אור וחושך, אור גדול ואור קטן, אבל לא ידעה לספור כמה. ברגע שנקבעה מידה קבועה – לומן, קנדלה – אפשר היה להשוות בין נר לנר, בין מנורה לנורה, ולהתקדם לבניית פנסים, בתי תאורה, וכל החשמל המאיר את העולם.

וכן בקול. מאז ומקדם שמעו את השירה, את הצעקה ואת הדממה. אבל לא ידעו לשים מספר על עוצמת הקול. עם המצאת הדציבלים נפתח עולם חדש – עולם המיקרופונים, ההקלטות, מערכות ההגברה. כי רק כשאפשר לומר שצעקה זו חמישים דציבל ושירה זו מאה דציבל – נוצרה האפשרות לבנות מכשירים ההולכים בעקבות המספר.

גם החום עצמו נמדד מחדש. לא רק בתחושת "חם" ו"קר", אלא בקלוריות – כמה אנרגיה צריך כדי לחמם דבר מסוים. בזה נכנסו המדידות לעולם המזון והבריאות, לדעת כמה קלוריות יש במאכל וכמה נשרפות במאמץ.

ולבסוף הקרינה. בני אדם לא ידעו כלל שיש קרינה בלתי נראית – רנטגן, גמא – עד שנתמדדה. ברגע שנמדדה, התגלה עולם שלם חדש: לראות את עצמות האדם, להבין את מבנה האטום, ולפתוח דרך לרפואות חדשות וגם לסכנות חדשות.

נמצא ששער זה כולו עוסק במדידה של דברים שלא נראים לעין ושלא נשמעים לאוזן, אלא נודעו אך ורק על ידי המדידה עצמה. בעבר לא היתה מציאותם ידועה כלל, והיום כל חיינו תלויים בהם.

פרק ראשון: מדידות החשמל – וולט, אמפר, וואט

כבר מראשית ההיסטוריה ראה האדם את ברק השמים, ושמע את רעם הקול המתגלגל אחריו, וידע שיש בזה כח עצום. אבל כח זה היה כמוס ולא מובן, לא נמדד ולא נתפש. רק חשו בו לעתים כשראו אש מתפרצת, או כשחשו זרם קל בהתחככות גופים. לא היתה כל אפשרות לאחוז בכח זה, כל שכן לא להשתמש בו לצרכי החיים.

נקודת המפנה התחילה כאשר חכמי איטליה וגרמניה במאות הקודמות גילו שאפשר ליצור חשמל מתוך שפשוף עצמים, ואחר כך מתוך מצבר מתכות. אך גם זה היה רק פלא גרידא, בלי כל מדידה ובלי כל הבנה של מידת הכח. רק כאשר הופיעו המדידות הראשונות התחיל להתגלות עולמו של החשמל ממש.

המילה **וולט** באה על שם החכם אלסנדרו וולטה מאיטליה, שבנה את הערימה החשמלית הראשונה – ה"פילה" – כלי שיכול להוציא כח חשמלי מתמשך. ממנו למדו שצריך למדוד את **המתח** ,כמה כח דוחף יש בין שני

צדדים של כלי. הוולט נעשה מדת המתח, וללא מדה זו אי אפשר להבין כלל שום מערכת חשמלית.

אחריו באה מדת **אמפר** ,על שם החכם אנדרה מארי אמפר מצרפת, שגילה את הקשר בין חשמל ומגנטיות. האמפר הוא מדת הזרם, כמה מטען חשמלי עובר בכל שניה. כאן נפתח השער להבין לא רק את כח הדחיפה שבחשמל, אלא גם את כמות הזרימה העוברת בו.

ולאחר מכן נקבעה מדת **וואט** ,על שם ג'יימס וואט, אף שהוא עסק בעיקר בכח הקיטור, אך שמו נקשר למדידת עוצמת החשמל – כמה עבודה נעשית באמת על ידי המתח והזרם יחד. כי רק כאשר נודע החישוב: וולט כפול אמפר שוה וואט – אפשר היה למדוד את כח המנורות, את כח המכונות, ואת כל עוצמת החשמל שבחיי היום־יום.

בעבר, בלי מדידות אלו, כל הכח החשמלי היה חידה סתומה. ברגע שנכנסו המדידות, נעשה הכל ברור ונמדד: יודעים כמה וולט יוצא מן הסוללה, כמה אמפר עובר בחוט, כמה וואט מאיר הנורה או מסובב המנוע. אז התחיל כל העולם להיבנות מחדש: בתי חשמל, מערכות תאורה, מכונות תעשיה, טלפונים וכל שאר כלי החיים.

נמצא שבחשמל רואים ברור איך עצם המדידה יצרה את כל העולם. הכח היה קיים מאז ומקדם, אבל כל זמן שלא נמדד – היה כאילו איננו. משנמדד, נעשה נגיש לכל אדם, עד שאין כמעט דבר בחיים שאין בו חשמל.

פרק שני: מדידות האור – לומן וקנדלה

האור הוא הדבר הקרוב ביותר לחיים. בלעדיו אין ראייה, אין צבע, אין הבחנה. ובכל זאת, דורות על דורות עברו בלי כל מדידה של האור. הסתפקו במה שהעין רואה, במה שהלב מרגיש, אך לא היה כלי למדוד כמה אור יש

כאן וכמה שם. נרות היו נדלקים בבתי ישראל ובבתי עמים, והאדם ידע להרגיש אם החדר מואר דיו או חשוך, אך לא ידע לשים לכך מספר.

רק עם ביאת המאות האחרונות, כאשר נרשמו נסיונות מדעיים בחקר קרני האור, התחיל להסתמן הכרח למדידה. כשבאו מנורות השמן, ואחריהן מנורות הגז, ואחר כך החשמל, הוצרכו לדעת איזה כלי מאיר יותר, איזה פחות, וכמה אפשר להאיר מקום גדול בלי לבזבז כח לריק.

לשם כך הוקבעה המדה הנקראת **קנדלה** ,מלשון נר .(candle) בתחילה המדידה היתה לפי "אור הנר הסטנדרטי", נר אחד ששמש כיחידת מידה, וכל מקור אור הושוה אליו. אם אור הלפיד האיר כעשרה נרות, היו אומרים שיש בו עשר קנדלות. בהמשך דקדקו החכמים והעמידו יסודות פיסיקליים ברורים, איך למדוד את עוצמת האור בדיוק גדול.

ומכאן נתפתח מושג נוסף – **לומן** .הקנדלה מודדת את עוצמת האור בכיוון מסוים, אך ה"לומן" מודד את סך כל האור היוצא למרחב. אם הנר מאיר מעט מסביבו, והמנורה החשמלית מאירה בכל פינות החדר, הלומן מספר את גודל האור המופץ באמת.

על ידי מדידות אלו השתנה העולם כולו. החנויות, הרחובות, בתי הספר, בתי המלאכה – כל אחד ידע כמה לומנים דרושים להאיר מקום פלוני, כמה קנדלות דרושות למנורה פלונית. האור נעשה נמדד ומחושב, וניתן להעמיד סדרי חיים חדשים של לילה כיום יאיר.

ובאמת יש כאן דבר עמוק: כי קודם לכן היו החיים תלויים בתחושת העין, וכל אחד אמר "יש כאן הרבה אור" או "מעט אור" לפי ראייתו. עתה נעשה הדבר ברור במספרים. והמספרים נתנו אפשרות להעמיד השוואות, לחסוך בהוצאות, לבנות בתי חרושת וערים שלמות עם מערכת תאורה לפי צורך ולא לפי הרגשה בלבד.

נמצא שגם כאן המדידה היא שפת הברורים, היא שפת ההתקדמות. עצם הגדרת הקנדלה והלומן פתחה דרך להאיר את כל העולם בדרך קבועה ונאמנה.

פרק שלישי: מדידות הקול – דציבלים

הקול הוא מהקרוב ביותר לנפש. האדם מדבר, שר, שומע, בוכה, וכל רחש וכל המיה נוגעים בו עד עומק הלב. ובכל זאת, דורות רבים לא היתה שום מדידה לקול. ידעו לומר "זה קול חזק", "זה קול חלש", אך לא ידעו למנות או להעמיד בזה מספר. השמיעה היתה ענין של תחושה בלבד, בלי סרגל, בלי יחידות.

רק בדורות האחרונים, כאשר נבנו הכלים המודרניים לשידור קול – הטלפון, הפונוגרף, הרדיו – נתעורר צורך למדוד את עצמת הקול. איך יידעו אם קול פלוני מגיע רחוק, אם מיקרופון זה מתאים להקהילה גדולה או רק לחדר קטן? לשם כך חיפשו מדידה.

אז באה המדה שנקראת **דציבל** (decibel). היא נבנתה על פי חשבון לוגריתמי, היינו לא בצעדים ישרים אלא במדרגות הולכות וגדלות לפי יחס. כי כך דרכו של השמיעה: האוזן אינה שומעת בקו ישר, אלא כל עליה בכח הקול מתפרשת על ידה במדרגות שונות. על כן לא היה די לומר פי שתים או פי שלש, אלא הוצרכו לשפה מיוחדת, ללוגריתם, כדי להביע באמת את מה שהאוזן מרגישה.

הדציבל נעשה הכלי היחידי למדוד את עוצמת הקול בכל מקום. אולמות קונצרטים, בתי חרושת, תחנות רכבת, בתי ספר – בכל מקום יודעים כמה דציבלים נשמעים. יש מקומות שמגבילים את עצמת הרעש מפני בריאות האדם, שלא ישמע יותר ממדה פלונית. יש מקומות שמשתמשים בזה

להועיל, כגון ברופאים שבודקים אם יש חירשות או חולשה באוזן, על ידי השמעת קולות במדרגות דציבלים שונות.

ואין זה רק ענין של מדע יבש, אלא נוגע עד לחיים הפשוטים ביותר. מי שישב פעם בעיר גדולה וחש ברעש שאינו פוסק, יבין כמה נצרך למדוד זאת במספרים ברורים, ולתקן על פי זה את סדרי החיים.

נמצא שגם כאן התקדמות המדידה פתחה דרך לחיים חדשים. כי כל זמן שלא ידעו למדוד, היה הקול דבר סתום, אין לו מספר. משנתנו לו מספר – דציבל – אפשר היה לתקן, להועיל, לבנות כלים חדשים, לשמור על בריאות האדם.

פרק רביעי: מדידות החום – קלוריות

החום הוא יסוד החיים. בלי חום אין חיים, אין תנועה, אין בישול ואין עיכול. כל בשר האדם, כל צמח וכל חי, כולם חיים מכח החום הפנימי שבהם. ואף על פי כן, דורות רבים לא ידעו למדוד אותו כלל. הרגישו אם דבר חם או קר, ואם החום גדול עד שמבעיר אש או מבשל מים, אבל לא היה כלי ליתן מספר.

התחלת המדידה היתה במדחום – תרמומטר – שנתחדש לפני כמה מאות שנים. אז נפתח פתח למדוד כמה מעלות יש, אם החום עולה ואם יורד. לא עוד לשון ערטילאית "חם מאוד" או "קר עד שיניים נוקשות", אלא חשבון מדויק, כך וכך מעלות. בזה נעשתה תחלת בהירות חיי האדם, לדעת אם החולה בחום, כמה חום יש בו, אם החום עולה או יורד.

אחר כך נתגלה עוד ענין, גדול מכולם: החום שבמאכלים. כי באמת כל מאכל אינו רק טעם ושובע, אלא כח חום שהוא מכניס לאדם. חכמי הטבע מצאו שכל מאכל כשהוא נשרף או מתעכל בגוף האדם, מוציא ממנו מדה קבועה של חום. החום הזה נמדד ביחידות שנקראו **קלוריות**.

הקלוריה היא חום הדרוש להעלות גרם אחד מים במעלה אחת. זהו שורש החשבון. אבל בזה נעשה עולם חדש כולו. כי מיד התחילו למדוד כל מאכל: כמה קלוריות יש בפרוסת לחם, כמה בחתיכת בשר, כמה בכוס יין. מזה באה כל חכמת הדיאטה, כל החשבונות של משקל הגוף ובריאותו, כל סדרי הצבאות שידעו כמה אנרגיה נותן כל מיני מזון.

אף יותר מזה: כל תעשיית המזון של דורנו עומדת על זה, על מדידת הקלוריות. בלא זה אין רופא יכול להדריך חולה, ואין אם יכולה לדעת אם נתנה די מזון לבנה.

וזה פלא גדול: מה שלא היה ביד הדורות כולם, לחשב את החום שבמאכלים, נעשה כהיום שפה פשוטה לכל אדם. כל אחד מדבר "כך וכך קלוריות", כאילו היה תמיד. אך באמת זה חידוש מאוחר מאוד, ששינה את צורת החיים.

הרי לנו שגם החום, שהוא כח נעלם ובלתי נראה, נמדד ונכנס לחשבון. וככל שנכנס לחשבון – נעשה כלי ביד האדם, להיטיב את גופו, את ביתו ואת עולמו.

פרק חמישי: מדידות הקרינה – רנטגן וגמא

הקרינה היא כח נעלם שאין עין רואה ואין אוזן שומעת. דורות רבים לא ידעו כלל על מציאותה. אור השמש ידעו, חום האש ידעו, אבל מה שיש קרני כח היוצאות מן החומר ומפוזרות באויר, זה לא היה ידוע כלל. רק בדורות האחרונים נתגלה ענין הקרינה, ומאז נתחדש בו עולם שלם.

תחלת ההתגלות היתה בקרני רנטגן. אדם בשם רנטגן, חוקר גרמני, ראה שכשחומרים מסוימים מוארים בקרני קתודה, יוצאות מהם קרניים שיכולות לעבור דרך הגוף, עד שראו בהם את עצמות האדם. זה היה פלא עצום – לראות בתוך הגוף בלי לחתוך אותו. מהר מאוד נכנס הדבר לרפואה, לראות

שבר בעצמות, לראות מה נעשה בלב ובריאות, עד שנעשה אחד הכלים הגדולים של רפואת כל הדורות.

לאחר מכן נתגלה ענין הקרינה שבאטומים עצמם, מה שנקרא קרני אלפא, ביתא, וגמא. אלו הם כחות היוצאים מן גרעין האטום, שיש בהם כח גדול עד מאד. בתחילה נתגלה זה במכרות האורניום, ומזה נבנתה כל חכמת האטום.

המדידה של הקרינה נעשתה עיקר גדול, מפני שהיא גם מרפאת וגם ממיתה. מצד אחד השתמשו בה לרפואה – קרני רנטגן לרפואה, קרני גמא לחולי סרטן, קרני לייזר לטיפולים עדינים. מצד שני, הקרינה יש בה סכנה עצומה, ואם אדם עומד כנגדה הרבה – גופו נחלש, דמו נפגם, תאי הגוף מתקלקלים.

על כן המציאו כלים למדוד את הקרינה: גייגר־מונה, דוזימטרים, יחידות שנקראו רנטגן, בֶּקרל, סיוורט, כולם לשם דבר אחד – לדעת כמה קרינה יש, אם היא במדה שאין בה חשש, או שהיא במדה המביאה סכנה.

דבר פלא הוא, כי אין הקרינה נראית כלל, ואף לא נרגשת מיד. אדם עומד ואין מרגיש כלום, אבל הכח שורף את גופו מבפנים. על כן בלא כלי מדידה אין לאדם שום שמירה.

ולא עוד, אלא שענין הקרינה פתח פתח לעולם שלם – כל חכמת האטום, כל חכמת החשמל המודרני, כל התעשיות של דורנו, הכל עומד על מדידה זו.

נמצא שהקרינה, שהיא דבר נעלם לגמרי, נעשתה נמדדת ומבוררת במספרים מדויקים, עד שיכולים לחיות עמה ולהשתמש בה לרפואה ולמדע. וזה מראה עוד הפעם, שככל שניתנה מדידה מדויקת לדבר, מיד נעשה כלי בידי האדם, ואפשר להשתמש בו לטוב או לרע.

סיכום שער השישי – מדידות אנרגיה, אור וקול

בכל השערים שקדמו עסקנו במדידות שהן מוחשיות יותר – מזון, קרקע, גוף, תעשיה. בשער זה נכנסנו לעולם אחר, עולם שהוא דק ונעלם, אין רואים אותו בעין פשוטה, אבל הוא ממלא את כל המציאות – אנרגיה, אור וקול.

תחילה דיברנו במדידת החשמל – וולט, אמפר וואט – שהם יסודות כל חיי האדם בדורות האחרונים. כל אור הנרות החשמליים, כל המכונות, כל התעשיות, כל הבית, הכל עומד על כח החשמל. אם אין מודדים כחו, נשרפים הכלים ונפגעים בני אדם. יחידות המדידה נעשו סדר שלם, עד שיכולים לחשב כל בית, כל מפעל, כל עיר, בכמה חשמל משתמשים.

אחר כך דיברנו במדידת האור – לומן וקנדלה – שמודדים לא רק כמה יש אור, אלא גם איכותו ועוצמתו. בעזרתו יודעים אם אור מספיק לקריאה, אם הוא חזק מדי ומזיק לעיניים, אם ראוי לצילום, אם מתאים לצומח. זה הביא מהפכה גם ברפואה, גם בחקלאות, גם בתעשיות, גם בבית.

מדידת הקול – דציבלים – גלתה לאדם עד כמה קול יכול להזיק, לאוזן ולנפש. אפשר לחשב באיזה מקום מותר לשמוע מוזיקה, באיזה מקום אסור לעבור את הגבול. וכן בתעשיות ובערים גדולות, מדדו הרעש ומצאו דרכים להחלישו.

גם בחום נתגלה ענין המדידה – קלוריות – למדוד כמה חום יש במאכל, כמה אנרגיה נותן לאדם, כמה חום צריך להרתיח מים או לחמם בית. בזה נעשו חשבונות מדויקים לרפואה ולתעשיה.

ובסוף נכנסנו לעולם הקרינה – רנטגן וגמא – שאין רואים אותו כלל, ובכל זאת יש בו כח עצום לרפואה ולסכנה. מדדו אותו בכלים מיוחדים, ועשו יחידות שונות לדעת גבול הסכנה. מזה יצאה כל חכמת האטום וכל הרפואה המודרנית.

הנקודה הכללית של כל השער הזה היא, שכל דבר נעלם מן העין, ברגע שמדדו אותו נעשה מוחשי ונכנס ביד האדם לשימוש. כל זמן שלא מדדו – היה זה סוד נעלם. ברגע שנמדד – נעשה כלי שימוש לרפואה, לתעשיה, לחיי יום־יום. בזה ניכר יותר מכל מקום עד כמה יסוד המדידה הוא מפתח בידי האדם להבין את העולם ולהשתמש בו.

שער שביעי – מדידות זמן ותנועה

מבוא לשער שביעי

הזמן הוא יסוד כל המציאות, ותנועת הדברים היא חיותם. וכשם שבכל דבר שעסקנו בו ראינו שכל ההתקדמות בנוי על מדידה, כן הוא ביותר בזמן ובתנועה. כי בלא מדידת הזמן אין סדר, אין חיים, אין קביעות, ואין אפשרות לחבר בין בני אדם כלל.

הראשונים למדוד היו השעונים הפשוטים – שעון שמש, שעון מים, שעון חול – כל אחד מהם חקק באדם את תחושת חלוף השעות. אחר כך נתפתחו השעונים המכניים, עד שהגיעו לשעון אטומי המדייק עד חלקי שניות שאין הדעת תופסת. בזה ניתנה אפשרות לאחד את כל העולם תחת לוח זמנים אחד, רכבות, מטוסים, טלפונים, מחשבים, הכל תלוי בדיוק של השעון.

אחר כך נכנסו למדידת מהירות ותאוצה – כמה עובר גוף בזמן ידוע. זהו מדד שאין לו ערך רק במרוץ סוס או רכב, אלא הוא שורש כל חכמת הפיזיקה. מאז שגילה גליליאו אפשרות למדוד נפילת גוף וקצב התאוצה שלו, נפתחו שערי חכמת התנועה והכח, עד חכמת ניוטון ועד איינשטיין. היום מודדים מהירות בכבישים, ברכבות, במטוסים, במפעלי תעשיה, ובכל כלי מלחמה.

וכן ספירת צעדים – דבר שנראה פשוט, כמה פסיעות עושה אדם ביום. בעבר היו אומדים לפי ערך, עתה בכל מכשיר קטן מודדים ממש. זה הביא להתקדמות ברפואה, בבריאות, בסדרי חיים של כל אדם.

עוד ענין הוא מדידת סיבובי גלגלים ומכונות. בזה נמדד לא רק כמה הולכת המכונה, אלא כמה כח היא נותנת, כמה חום נוצרת, כמה עבודה נעשית.

המדידה הזו נעשתה יסוד לכל תעשיות, והביאה לידי שכלול עצום של כל מכונה ומכונה.

ובסוף באה מדידת זמן תגובה – כמה זמן עובר עד שאדם שומע קול ומגיב, עד שמכונה מקבלת אות ועושה פעולתה. מדידה זו נכנסה גם בצבא, גם ברפואה, גם בחינוך, גם במחשבים.

הכלל מכל השער הזה הוא, שככל שהאדם מדד את הזמן והתנועה ביותר דיוק, נפתחו לפניו שערי העולם. הזמן נעשה כלי בידו, לא עוד זורם בלי שליטה. התנועה נעשתה חכמה, לא עוד מקרית. כל סדרי החיים, כל המדע, כל התעשיה, עומדים על יסוד זה.

פרק ראשון: שעונים – משעון שמש עד אטומי

שורש כל המדידות בעולם תלוי בזמן. כי כל תנועה, כל מלאכה, כל שינוי, נמדד לפי כמה זמן עבר. ולכן האדם מראשית יצירתו חיפש כלים לדעת את הזמן, מתי יום ומתי לילה, מתי לעבוד ומתי לנוח, מתי לזרוע ומתי לקצור. בתחילה היה הכל מסור לעין בלבד, שהאדם הביט בשמש ובכוכבים, וכך ידע מתי עלות ומתי שקיעה, מתי חצות הלילה ומתי עמוד השחר. השמים עצמם היו שעון גלוי לאדם.

השלב הראשון בכלי המדידה היה שעון השמש. זהו מוט תקוע באדמה, שמצללתו מורה את מהלך היום. הצל הארוך בבוקר הולך ומתקצר עד חצות, ושוב מתארך עד הערב. מכאן היה בידם לחשב שעות היום. אלא ששעות אלו אינן קבועות, כי יום החורף קצר ויום הקיץ ארוך, והשעות התחלקו תמיד לפי האורך המשתנה.

אחר כך בא שעון המים. כלי מנוקב שמילאו מים בו, והמים זלפו וירדו לאט לאט, וכל ירידה שווה ליחידת זמן. כאן כבר היתה אפשרות לשעות שוות וקבועות, שלא תלויות באורך היום. עם הזמן נתחכמו עוד בשעוני חול,

שעון החול הזורם ממכל למכל, שמודד פרק זמן קבוע בכל מהפך. אלו היו כבר שעונים הניתנים לשאת לכל מקום, לא רק תחת השמש.

ההתפתחות הבאה היתה בשעונים מכניים. בעזרת קפיצים וגלגלי שיניים, בנו כלי שמונה את פעימות הזמן באופן שווה. כאן התחיל שלטון השעה המדויקת, עד שנעשו השעונים חלק מחיי היום יום. כל סדרי התפילה, המסחר, הנסיעות, הכל התחיל להימדד לפי המחוגים הקבועים.

אחריהם באו השעונים החשמליים והדיגיטליים, שמונים את פעימות הזמן לפי תנודות זרם חשמלי. אחרון – השעון האטומי, שהוא הבהירות הגדולה ביותר במדידה זו. השעון האטומי אינו תלוי בחמה ולא בירידת מים ולא בגלגל שיניים, אלא בתנודות פנימיות קבועות של אטום הצסיום, שמהן קבעו החוקרים את יחידת השניה לכל העולם.

ומכאן נבין שכל התקדמות העולם תלויה בזה. כי עד שלא ידעו מדידה מדויקת של זמן, אי אפשר היה להגיע למדידת תנועה ומהירות, לא בחשמל ולא במכונות. כל תחום המדידה קיבל כח וברור, כי נברר הזמן שהוא השורש לכולם.

פרק שני: מדידת מהירות ותאוצה

השלב הבא אחרי מדידת הזמן היה למדוד תנועה. שהרי אין תנועה אלא בזמן, ואם אין יודעים את הזמן לא יוכל האדם למדוד כמה הלך או כמה רץ. בתחילה לא היה בזה אלא אומדנא, לומר שהסוס הזה רץ מהר יותר מן הסוס השני, או שהנהר הזה זורם חזק יותר מזה. זה היה מדידה בלבב בלבד, על פי העין.

אבל כבר בימי קדם ניסו למדוד. היו שמנו את מרחקי הדרך לפי צעדי אדם או לפי פסיעות סוס. אם אמרו שהסוס עובר כך וכך צעדים בדקה, הרי זו תחילת מדידת המהירות. ואף בספינות מצינו, שכבר בימי ימי הביניים היו

משליכים חבל עם עץ צף אל המים, ומנו כמה קשרים נמשכו בחבל בזמן ידוע, ומזה ידעו כמה מהר הספינה מפליגה. זו נקראת עד היום "מהירות בקשרים."

כשנברר יותר ענין הזמן, אז נברר ממילא גם ענין המהירות. כי המהירות אינה אלא חלוקת המרחק בזמן. אם יודעים למדוד כמה מרחק עבר וכמה זמן עבר, כבר יש בידם מספר מדויק. מכאן נבנה כל היסוד של התחבורה והמסחר בעולם. רכבות, עגלות, אוניות ומטוסים – כולם נבנים על ידיעת המהירות, לדעת כמה יגיעו ומתי.

התאוצה היא השלב הבא. לא רק כמה מהר הולך, אלא כמה מהר הולך וגדל המהירות עצמה. כלומר, לא רק המרחק לחלק בזמן, אלא גם שינוי המהירות לחלק בזמן. זה נתברר בעולם המדע עם ניוטון וחכמי התנועה, שעמדו על יסודות הפיזיקה. בזה נפתח עולם חדש, כי נודע איך לחשב נפילות גופים, זריקות חצים, מסילות כוכבים, ותנועות מכונות.

ולמעשה, גם בחיי היום יום – כל אדם חי בזה. כשאדם יושב במרכבה או ברכב, הרי הוא מרגיש את התאוצה, לא רק את המהירות. כי כשהרכב משנה את מהירותו בפתע, זה עצמו זעזוע מורגש בגוף. נמצא שדבר שנגלה בעיני המדע, כבר היה מורגש בעיני כל אחד. רק שהחכמה הבהירה איך למדוד ולספר זאת במספרים.

ומכאן הדרך נמשכת עד זמננו, שכל מכשיר מדידה וכל רכב, מן המטוס ועד הרכב הקטן, מצויד במדי מהירות ובחיישנים לתאוצה. כל זה נשען על המדידה המדויקת של הזמן, שהיתה יסוד לשאר מדידות התנועה.

פרק שלישי: ספירת צעדים

מן הדברים הפשוטים ביותר במדידה היא מדידת הדרך על ידי ספירת צעדים. עוד מימי קדם, האדם היה מודד את דרכו ואת חלקות שדותיו על ידי

פסיעותיו. חז"ל הזכירו פעמים רבות את "אמה" ו"פסיעה", וכלי המידה הבסיסיים היו מה שגוף האדם עצמו נותן. לא היה בידם מקל מדידה מדויק, אלא הלכו לפי מידת הגוף: אצבע, טפח, אמה, פסיעה.

ספירת הצעדים שימשה לא רק לשדות ודרכים אלא גם לחיי יום־יום. אדם היוצא מביתו לעיר אחרת, או מן השדה אל הכפר, ידע בערך כמה צעדים דרכו, וזה היה מדידתו. גם בצבא היה לזה שימוש: חיילים נדרשו ללכת בקצב אחיד, וצעדיהם המדודים נעשו כלי לסידור מחנה ודרך.

עם הזמן נבנו כלים יותר מדויקים. כבר בימי רומי ידוע שהיו שמים מעין מכונה על עגלה, שכל סיבוב גלגליה הפיל אבן קטנה לקופסה, ובזה ספרו את הדרך. הרי זו כבר מדידה אוטומטית של צעדים וסיבובים.

בעולמנו, זה נהפך לכלי חשוב במיוחד. כי הצעד הוא המדידה הטבעית ביותר של האדם. כאשר התפתחו כלי הרפואה והספורט, התחילו למדוד כמה צעדים הולך אדם ביום, כמה תנועה יש לו, וזה נעשה יסוד לחישוב בריאותו. היום מצוי בכל שעון קטן שעל היד – פידומיטער – מונה צעדים, ומזה יודעים כמה הלך ביום.

שורש הדבר הוא פשוט: הגוף עצמו הוא המודד. אין צריך כלי אחר, אין צריך מידה חיצונה. וכפי שהיה תמיד בהתחלה – המדידה הראשונית של כל דבר יצאה מגופו של האדם עצמו.

אחר כך, כשבאו לחשב ארצות ודרכים רחוקים, היה צורך במידה יותר מדויקת, והתחילו לספור לא רק צעדים אלא גם סיבובי גלגלים, ואז נבנו מיני אודומיטרים – מוני־מרחקים. ואף על פי כן, העיקר נשאר – כל דרך מתחילה מן הצעד האנושי, וממנו נבנה כל החשבון.

פרק רביעי: סיבובי גלגלים ומכונות

אחרי שמדדו דרכים בצעדים, ואחר כך בצעדי הסוס ובמרוצתו, בא עוד שלב של מדידה – סיבובי הגלגל. כי כאשר אדם נוסע בעגלה, שוב אין לו לספור את צעדי הסוס, ואין לו גם לכתת רגליו. אלא הגלגלים הם המוליכים אותו. ממילא התחילו לחשב – כל כמה סיבובים של הגלגל שווה לדרך פלונית.

כבר ברומי העתיקה נבנו כלי חשבון שהותקנו על עגלות. הגלגל, בכל סיבוב, היה מפיל אבן קטנה או מזיז שן של גלגל נוסף, ובסוף הנסיעה ספרו את האבנים או את הסיבובים. הרי לנו ראשית המונה־מרחק. גם חז"ל הזכירו בכמה מקומות חשבונות של גלגול ודרך, כגון "אבן מתגלגלת" או "גלגל חוזר", ויש בזה לא רק לשון מושאל אלא גם מציאות שהייתה לעיניהם.

במשך הדורות נבנו הכלים יותר מדויקים. כאשר המציאו השעונים והמכונות, נעשה המדידה הזאת חלק מהותי. כל מכונה, כל מנוע, כל כלי חרושת – כולו תלוי בכמה סיבובים הוא עושה, וכמה פעמים חוזרת תנועתו בדקה. נולד בזה מושג חדש – "סיבובים לדקה" – רפ"מ. בזה נמדדה כל מלאכה, כל כח, כל מהלך.

ולא רק במכונות חרושת, אלא גם בחיי יום יום. כשעלה הרכב על הכביש, נעשה דבר זה כלי עיקרי: מונה־מרחק, מראה כמה סיבובי גלגלים נעשו ומתרגמם לקילומטרים. כל אדם יודע בזה כמה נסע, כמה דלק הוציא, כמה רחוק הלך.

שורש המדידה הזאת מגלה דבר עמוק. כי אין כאן רק צעידה אחת של אדם, אלא חזרת התנועה, סיבוב אחר סיבוב, כעין גלגל שחוזר חלילה. בזה מונחת תחושה אחרת לגמרי: לא רק תנועה מן המקום הזה עד המקום ההוא, אלא מהלך תמידי, סדר חוזר ונשנה, שממנו יוצא חשבון מדויק.

ומכאן נפתח שער חדש בעולם – כל מדעי המכניקה, כל מדידות החרושת, הכל תלוי ביכולת לספור סיבובים ולהמירם לכח ולדרך.

פרק חמישי: מדידות זמן תגובה

בימי קדם ידעו מן הניסיון שאדם זריז יותר מחבירו, או שסוס זה קופץ מהר יותר מן האחר. אבל הכול היה בדרך הערכה גסה, ראייה בעין. לא ידעו למדוד בדיוק כמה זמן עובר מן הרגע שנשמעה קריאה ועד שהאדם זז, או מן השעה שהאש נראתה עד שהשומר התחיל לברוח.

עם הופעת הכלים החדשים, ובעיקר עם שעונים מדויקים מאוד, נעשה אפשרי למדוד את הדבר. כמה אלפיות שניה לוקח לאדם להגיב, כמה שניות לוקח לאורח ללחוץ על הבלם מרגע שראה סכנה. מן המדידה הזאת נפתח תחום שלם – מדעי הנפש ומדעי הגוף. רופאים ובוחני צבא התחילו לבדוק את האדם לא רק בכוחותיו הכלליים, אלא גם במהירות התגובה שלו.

הדבר חדר לכל תחום. בספורט – כמה זמן עובר מרגע הזינוק ועד שהרגל באמת נוגעת בקרקע. בתעשייה – כמה מהיר עובד להגיב כשמכונה משתבשת. בצבא – כמה מהר יורה חייל לאחר שראה את המטרה. במדע – כמה מהר נמדדת תגובה כימית, ואפילו בזיווג החלקיקים הקטנים ביותר.

ככל שהמדידות נתעדנו, נעשתה מציאות אחרת לגמרי. כי מדידה זו מגלה לא את הדרך הארוכה, אלא את הרגע הקטן, את הזמן הזעיר ביותר, שהוא יסוד לכל החיים. הרי האדם חי כל הזמן בזמנים קטנים כאלו, בהבל פה אחד, בהרהור אחד, בתנועה דקה. והמדידה הזאת, של זמן תגובה, כאילו חשפה את הדקות הפנימית של חיי הזמן.

בזה נחתם שער זה, שער השביעי – מדידות זמן ותנועה. נפתח בו מסע מן שעון השמש העתיק, דרך המהירות של גלגלי העגלה, עד אלפיות השניה

שבתנועת יד. וכולו מראה איך העולם הלך וירד לפרטים יותר דקים, למדידה יותר בהירה, וכך נפתחו שערי דעת ועבודה בכל תחום.

סיכום שער השביעי – מדידות זמן ותנועה

בשער זה נפתח לפנינו עולם של מדידות שאינן נוגעות למשקל ולחומר, אלא למה שזורם ונעלם – הזמן והתנועה.

בפרק הראשון – נראו שעונים, מן השעון שמש העתיק אשר רק הצל נתן בו מידה, עד לשעון האטומי אשר סופר תנודות של אטום אחד במיליארדי חישובים. מן הגס והכללי ביותר עד לדק מן הדק, וכל זה ביסוד אחד: מדידה של זמן.

בפרק השני – עסקנו במהירות ותאוצה. בימי קדם ראו בעין מי רץ מהר, מי מרכבתו קלה, מי חץ פורח ברוח. עד שבאו הכלים ונתנו מידה ברורה: כמה אמות בשעה, כמה מילים ברגע, וכיום כמה קילומטרים לשעה. ואחר כך נוספה התאוצה, לא רק כמה מהירות יש, אלא כמה מהר המהירות עצמה משתנה.

בפרק השלישי – ספירת צעדים. אדם קדמון ספר במחשבתו, אולי באבניו, כמה צעדים הלך. היום יש כלים הסופרים בדיוק כמה צעדים בכל יום, כמה מרחק עבר האדם, ואף כמה אנרגיה נשרפה. מדידה זו חיברה את הזמן לגוף האדם עצמו.

בפרק הרביעי – סיבובי גלגלים ומכונות. מן האומן הפשוט שידע להעריך כמה סיבובים עושה ריחיים עד שעה מסוימת, עד מכשירים המודדים כל סיבוב גלגל במנוע, כמה סל"ד יש, כמה כח יוצא ממנו. כל תעשיית המכונות לא היתה אפשרית בלי מדידה זו.

בפרק החמישי – זמן תגובה. המדידה הפנימית ביותר, לא הזמן שבחוץ, אלא הזמן שבין ראייה לתנועה, בין שמיעה למענה. בזה נמדד האדם בעצמו, מהירות מוחו ועצביו, זריזות גופו ונפשו.

כל השער כולו מגלה שהעולם של הזמן והתנועה, שהיה נחשב תמיד דבר חמקני שאי אפשר להחזיקו, נעשה ברור ומדוד. וכל מה שנתברר בו, נתפתחו ממנו ענפי עולם – מדע, תעשיה, רפואה, צבא, ספורט, וחיי היום־יום.

שער שמיני – מדידות כסף וחברה

מבוא לשער שמיני

כאן אנו נכנסים לעולם שונה בתכלית, עולם שאינו עוסק במשקל, אורך, חום או זמן, אלא בחיי האדם בתוך קהילתו, במסחר, בממון וביחסים החברתיים. גם כאן כוח המדידה חדר עמוק, וללא מדידה ברורה אי אפשר לנהל לא כלכלה ולא חברה.

אחוזי ריבית וערך מניות – מיום שנוצר המסחר בהלוואות ובשותפויות, נוצר צורך לתת מידה ברווח והפסד. הריבית היא מדידה של הזמן בכסף, כמה כסף מוליד כסף במשך חודש או שנה. המניה היא מדידה של ערך עסק, מחולקת לחלקים קטנים. בימים קדמונים שותפים ספרו ידנית את הרווחים, וחילקו לפי נאמנות ומילה, ואילו היום המדידה מדויקת, לכל עשירית אחוז ולכל שבר של מניה.

מדד מחירים ואינפלציה – מאז ומקדם ידעו שהמחירים משתנים. פעם חיטה יקרה ופעם זולה. אך לא היה בידם מידה כוללת שתאמר כמה כל הכלכלה עלתה או ירדה. המדד הכללי שנעשה בזמננו הוא חידוש עצום, כי הוא נותן צורה למדידת ערך כל הסחורות ביחד, וממילא נותן להנהיג מדיניות של מדינה שלימה.

אחוזי אבטלה – בעבר היה פשוט: אם היה שדה, כולם חרשו. מי שלא חרש ניכר לעין. אך בדורנו שוק העבודה הוא רחב ומורכב, אין אפשר לחשב אלא על ידי מדידה כוללת, כמה אנשים עובדים וכמה אינם. זה עצמו מראה את עומק כוח המדידה שהפך להיות כלי לניהול מדינות.

סטטיסטיקות דמוגרפיות – מניין נפשות ידעו כבר בימי דוד המלך, אך היה זה מניין בודד, מספר כללי. כיום נמדד גיל כל אדם, מצב משפחתו, מיקומו,

תנועתו, וכל זה נבנה לחשבון כולל, כמה נולדים וכמה מתים, כמה מתחתנים וכמה נפרדים, כמה עוברים ממקום למקום. המדידה נעשתה לא רק מספר של עם, אלא ציור של כל חיי החברה.

אחוזי הצבעה וסקרים – זהו עולם חדש לגמרי. בעבר מנהיגות נבנתה בכח, בירושה או במעמד חברתי. היום נמדדת ברוב קולות, כמה אחוז בחרו וכמה לא. ואף קודם הבחירות נמדד ברצון ובדעת הציבור, בסקרים ובשאלונים. זהו חידוש עצום, שבו הדעה שבלב רבים נמדדת כאילו היא מספר ברור.

החוט המקשר לכל הפרקים הללו הוא, שכאשר האדם התחיל למדוד את חיי הממון והחברה במספרים, נפתח לו פתח לנהל עמים וממלכות, להקים שווקים ולבנות ממשלות. מה שהיה פעם תלוי בכוח, באמון אישי או בגודל משפחה, נעשה תלוי במספרים מדודים. זהו שינוי יסודי לא רק בכלכלה אלא גם בצורת החברה כולה.

פרק פתיחה – כסף כמדד ערך

בעולם כולו כל התפתחות של מסחר וכלכלה עומדת על דבר אחד, והוא מדידה. כשם שביין מודדים את אחוז האלכוהול, ובתבואה מודדים את המשקל, כך בכל דברי ממון וכסף עיקרו אינו אלא מדידת ערך. לא לחינם נקרא כסף בלשון חכמים פעמים רבות בשם "מעות" – לשון מידה ומניין. הכסף אינו אלא סמל של ערך, כלי למדוד בו מהו שווה הדבר, כמה טורח וכמה חפץ גנוז בו.

בימי קדם לא היה כסף כפי שהוא היום. הערך נמדד בחיטים, בשעורים, בצאן ובבקר. כמה חיטים כנגד עז אחת, כמה כבשים כנגד שדה. זו היתה צורת המדידה. כשנתפתח המסחר והצורך לשאת ערך ממקום למקום, החלו להשתמש בכסף וזהב. בזהב יש דבר קבוע שאינו נאבד ואינו נרקב, ממילא נעשה כלי טבעי למדוד בו ערך. מטבע של זהב לא היה אלא מראה כמה

ערך יש בו – לא משום זהבו לבדו, אלא משום הסכמת בני אדם לראות בו מידה של ערך.

במשך הדורות נתחדש השטר. השטר אינו זהב ואינו כסף, אלא פיסת נייר. אלא שכל העולם הסכים לראות בו מידה של ערך, לפיכך נתקבל. ובדורותינו נעשה הכסף עוד יותר מופשט, מספרים רשומים בבנק, או על גבי כרטיס פלסטיק, ובכולם אין כאן ממשות עצמית אלא כלי למדוד.

נמצא שכל יסוד הכסף אינו אלא מדידה. לא מהותו נצרכת, אלא כוחו להיות מדד. כל דבר ערך זקוק למדידה כדי להיכנס לסדר העולם, וכסף נעשה הכלי הגדול למדוד ערך. בזה מונח שורש כל המדדים שבכלכלה ובחברה. מדד מחירים, אחוזי ריבית, אחוזי אבטלה, ערך מניות, כולם אינם אלא תולדות של יסוד זה – שכסף הוא מידה, ומספר הכסף הוא הערך שנמדד בו.

ומזה נבין גם ההבדל הגדול בין דורנו לדורות קודמים. בימי קדם, כשנמדד הערך בפרות ובחיטים, היה הערך מוחשי בידיים. כהיום, כשהערך נמדד במספר רשום על מסך, נעשה המדידה מופשטת לגמרי. אבל השורש אחד – כסף הוא מדד הערך, וכל מדידה שבחיי החברה נסמכת עליו.

פרק שני – אחוזי ריבית וערך הממון

עצם ענין הריבית אינו אלא מדידה. כשאדם נותן לחבירו מאה מעות ומבקש ממנו אחר זמן מאה ועשר, הרי הוא מודד את ערך הזמן. הכסף עצמו לא נשתנה, אלא הזמן שעבר עושה בו שינוי, והוא מתבטא באחוזים. אחוזי הריבית אינם אלא מידה שניתנה לשער בה כמה ערך יש לזמן בהשאלת הממון.

בימי קדם לא היה מדד מסודר לזה. אם היה אחד מלווה לחבירו, היה מבקש תוספת לפי ראות עיניו, פעמים כפול, פעמים מעט, פעמים לפי הסיכון. התורה אסרה ריבית לישראל, כי רצתה ללמד שזמן הממון אינו שלך,

והלווה לחברו אינו מקום לסחור בו. אך בין האומות, כבר מימי בבל ויוון ורומא, היו עושים חשבונות של ריבית. שם נולד המושג של אחוזים, כמה מכלל הסכום הראשוני.

בהתפתחות הבנקים באירופה בימי הביניים, נתגלה יותר הצורך למדוד ריבית בצורה ברורה. כדי להחזיק מערכת של הלוואות לא יכול כל אחד לומר מספרים כרצונו, אלא חייבים היו להעמיד מדד ברור, כמה אחוז לשנה. בזה נפתח עולם שלם של חשבון הממון, כי הריבית נעשתה מידה כללית, מדידה של ערך הזמן.

כהיום, כל חשבון כלכלי עומד על אחוזי הריבית. אם המדד גבוה, הכל נעצר, ואם נמוך – הכל מתרבה. נמצא שמדידת ריבית נעשתה מפתח לכלכלה כולה. אין זה רק תנאי להלוואה אחת, אלא כלי למדוד בו את מצב העולם כולו. בנקים מרכזיים מודדים כל תנועה של מחירים ושל יצירה לפי אחוזי הריבית, והם נעשו מדד של בריאות הכלכלה.

יש להוסיף בזה גם את הצד הפנימי. אחוזי הריבית אינם אלא גילוי של יחס בין זמן לערך. הזמן עצמו אינו נראה, אבל באמצעות כסף נעשה מוחשי. כמה שווה חודש, כמה שווה שנה, זה מתבטא בריבית. נמצא שהריבית היא מדד של הזמן בחיי הכלכלה.

פרק שלישי – ערך מניות ומדדי שוק

עצם מציאות המניה הוא ביטוי למדידה. המניה אינה חפץ, אינה זהב וכסף, אלא היא חלק בלתי נראה בערך חברה מסוימת. כל מניה אינה אלא מידה זעירה בתוך כלל ערך גדול, וכפי ערך החברה כן ערך המניה. בזה נולד מין חדש של מדידה – לא מדידה של משקל או מספר מטבעות, אלא מדידה של ערך בלתי מוחשי.

בימי קדם הערך היה נמדד תמיד במוחשי, כמה חיטים, כמה כסף, כמה זהב. אבל עם הופעת השותפויות הגדולות ויצירת שווקים ציבוריים באירופה של ימי הביניים המאוחרים, וביתר שאת במאות האחרונות, התחיל העולם למדוד ערכים שאינם מוחשיים – חלק בחברה, חלק בהצלחה עתידית, חלק ברווח שעוד לא נולד.

המסחר במניות יצר בהכרח מדדים כלליים. אי אפשר שכל חברה תנוע לפי עצמה בלבד, כי הסוחרים ביקשו לדעת מה מצב הכלכלה כולה. על כן נולדו מדדים כוללים, כגון "דאו ג'ונס", "נאסד"ק" וכדומה, והם נעשו מידה כללית למדוד בה את מציאות השוק כולו. המדד נעשה כמו שעון כלכלי, אם עולה – סימן לחיות, אם יורד – סימן לחלישות.

יש בזה גם נקודת עומק. המניה היא מידה של בטחון, לא רק של כסף. כמה שמאמינים בחברה – כך עולה ערכה, ואם האמון נחלש – יורד ערכה. נמצא שהערך אינו נמדד רק במהות החברה, אלא בהרגשת הציבור כלפיה. המדידה כאן תלויה ברגש בני אדם, ועם כל זה נעשתה מדידה ברורה במספרים.

ומפני זה המדדים נעשו מרכזיים כל כך, כי הם משקפים לא רק את הכלכלה, אלא את מצב הרוח של החברה כולה. אם יש פחד – המדד יורד, אם יש בטחון – המדד עולה. נמצא שמדד המניות אינו מדידה של חפץ, אלא מדידה של אמון ושל דעת בני אדם.

הרי זה פלא – שבני אדם הצליחו למסגר אפילו את דבר הרגש, האמון והפחד, לתוך מערכת של מדידות ברורות, ומזה מנהלים היום את הכלכלה העולמית.

פרק רביעי – מדד מחירים ואינפלציה

בכל בית ובכל חנות מדדו מאז ומקדם את הערך של הסחורה בכסף. אבל עצם השאלה כמה עולה כל דבר – אינה פשוטה כלל. כי הערך של הכסף עצמו משתנה, ובשעה שהכסף משתנה, כל המדידה משתנה עמו. אם מטבע אחת קונה היום קערת חטים, ולמחר אינה קונה אלא חצי קערה, אין המדידה עומדת, והאדם נבוך.

בימי קדם לא הרגישו בזה כל כך, כי המדידה היתה בזהב או בכסף ממש, והערך היה נמדד בעצם מתכתו. אבל ברגע שהתחילו להשתמש בשטרות ובמטבעות שאינם אלא סימן בלבד, נפתח מקום לתנודות גדולות. כאן נולד הצורך במדד מחירים כולל, שיבחן לא ערך חפץ אחד בלבד, אלא מציאות הכלכלה כולה.

מדד המחירים הוא איסוף של אלפי פרטים – לחם, בשר, בגד, דירה, שירותים – כולם נאספים יחד, והחשבון הממוצע הוא שנותן את התמונה. אם המדד עולה – סימן שהכסף נחלש, זו אינפלציה. ואם המדד יורד – סימן שהכסף התחזק, זו ירידת מחירים או דפלציה.

בזה נתחדש דבר עצום – שמדידת ערך החיים אינה רק בכל חפץ וחפץ, אלא יש לה גם מדידה כוללת, הנקראת "יוקר המחיה". כל אדם מרגיש אם לחם התייקר או הוזל, אבל רק המדד הכולל מגלה את התמונה האמיתית.

ומכאן נבנה שלב נוסף – הממשלות והבנקים המרכזיים התחילו לנהל את הכלכלה על פי המדד. אם המדד עולה יותר מדי, מנסים להקטינו; ואם יורד יותר מדי, מנסים להעלותו. נמצא שהמדידה אינה רק תיאור המציאות, אלא היא נעשתה כלי של שליטה.

אך יש בזה גם נקודת רגש. כי המדד אינו אלא ממוצע, ובני אדם אינם חיים בממוצע. יש שחייהם נעשו יקרים יותר הרבה מהממוצע, ויש שפחות. על כן

גם המדידה המדויקת ביותר נשארת רחוקה במקצת מן המציאות החיה של כל יחיד.

בכל זאת, יסוד המדד נעשה אחד מעמודי הכלכלה המודרנית, וכל עולם הכסף והמסחר תלוי בו.

פרק חמישי – אחוזי אבטלה

עולם המלאכה נמדד לא רק בכמה מייצרים וכמה נמכר, אלא גם בכמה אנשים עובדים וכמה אינם עובדים. כי העבודה עצמה היא יסוד החיים, ובה תלוי לחם כל בית ובית.

בימי קדם לא ספרו זאת במספרים, אלא ראו בעין: אם השוק מלא פועלים ואין עבודה לכולם, סימן לרעב. ואם כל אחד מוצא לו מלאכה – סימן לשובע. אבל בזמן שהחברה נעשתה מסודרת ומדינתית, נעשה צורך במדידה מדויקת – כמה מתוך כל האוכלוסייה נמצאים בלי עבודה.

כאן נתחדש מדד האבטלה. נוטלים את מספר כל מי שראוי לעבוד – כלומר אנשים בגיל מלאכה ובריאים – ומשווים כמה מתוכם יש להם עבודה וכמה מחפשים עבודה ואינם מוצאים. המספר היוצא נקרא "אחוז האבטלה."

מדד זה נעשה לעיקר בכלכלה, כי הוא מגלה את מצב החברה לא רק בחשבון הכסף אלא בחשבון הנפש. אם רבים מובטלים – זה סימן למשבר כלכלי, וגם מביא עמו מצוקה, דכדוך ואפילו מהומות. ואם המובטלים מעטים – סימן שהחיים מתנהלים כסדר.

אמנם גם כאן יש עומק של יחסיות. כי לפעמים ישנם אנשים שאינם עובדים מרצונם, או שאינם מחפשים כלל, ואז אינם נכללים במדידה. נמצא שהמספרים היבשים אינם תמיד תואמים את המציאות החיה.

ובכל זאת, מדד האבטלה נעשה אחד מהמדידות המרכזיות שבעולם המודרני. ממשלות בוחנות בו את דרכן, ומפלגות מתוכחות עליו, ועיתונים מכריזים בו יום יום. נמצא שבחברה של היום אין רק מדידת כסף ומדידת סחורה, אלא גם מדידת אנשים – כמה מהם נמצאים בתוך מעגל העבודה, וכמה נדחים החוצה.

פרק שישי – סטטיסטיקות דמוגרפיות

כל חברה נמדדת לא רק בכסף ולא רק בעבודה, אלא גם באנשים עצמם – כמה הם, באיזה גיל הם, באיזה מצב משפחתי הם, וכיצד מתחלקים ביניהם החיים. זה נקרא "דמוגרפיה", והיום כל מדינה מחזיקה לעצמה חשבון מדויק בזה.

בימי קדם היו יודעים רק בקירוב. פעם אחת בתורה צווה משה רבינו לספור את בני ישראל, כל יוצאי צבא מבן עשרים שנה ומעלה (במדבר פרק א), כדי לדעת את כוח העם. וכן מצינו בימי דוד שנעשה מניין, אמנם נענשו עליו מחמת שלא היה כהלכה (שמואל ב פרק כד). הרי שבכל הדורות היה רצון לדעת מספר העם, אך לא היו בידם אמצעים אלא לספור ביד או לקבץ הערכות מן השבטים והכפרים.

בעולם המודרני נוסדו "מפקדי אוכלוסין" מסודרים. אחת לעשר שנים או פחות, סופרים כל אחד ואחד: כמה תינוקות נולדו, כמה זקנים חיים, כמה מתו השנה, כמה נישאו וכמה נתגרשו. מתוך המספרים הללו מחשבים את שיעורי הילודה, שיעורי התמותה, גיל ממוצע, אורך חיים, ועוד מדידות רבות.

סטטיסטיקות אלו נעשו לכלי חשוב מאוד. כי הן מגלות לממשלה כמה בתי ספר יצטרכו להקים לעוד עשרים שנה, כמה רופאים להכין לעוד שלשים שנה, וכמה בתי זקנים לעוד חמישים שנה. הכל נבנה לפי המדידה.

ואף לענייני חברה רחבים – יודעים לחשב יחס בין עניים לעשירים, בין עירונים לכפריים, בין עולים ותיקים לחדשים, ובין רוב ומיעוט של עדות שונות. כל זה מורה על מצבה הפנימי של החברה.

נמצא שהסטטיסטיקות הדמוגרפיות הן מעין מראה פנימית של עם ושל מדינה. ואפשר לומר שהן ממשיכות את אותו ענין קדום של מניין בני ישראל במדבר, רק שבימינו נעשו המדידות מדויקות עד אין שיעור, עם ספרים גדולים מלאים מספרים ותרשימים, וכל תנועה באוכלוסייה נכתבת ונשמרת.

פרק שביעי – אחוזי הצבעה וסקרים

בענייני הנהגת ציבור, אין המדידה רק בכסף או במספרי האנשים, אלא גם ברצון הלבבות. כמה בני אדם רוצים בדרך זו, וכמה רוצים בדרך אחרת. בזה בא לעולם דבר חדש – אחוזי הצבעה וסקרים.

בעולם הקדמון, כשהיו מלכים ושלטון יחיד, לא היה מקום למדוד את דעת העם. לא נשאל העם כלל, אלא קיבלו עליהם את גזירת המלך. גם כאשר היו אסיפות של זקנים או מועצות מקומיות, עדיין לא היו בידיהם כלים לחשב כמה אנשים נוטים לכל צד.

אחר כך, כשנתפשטה בעולם צורת שלטון הנקרא "דמוקרטיה", נעשתה ההצבעה יסוד כל ההנהגה. כאן נצרכה מדידה חדשה – כמה מן העם נגשו בפועל אל הקלפי, וכמה לא באו. לזה קוראים "אחוזי הצבעה". מדידה זו מגלה לא רק איזו מפלגה קבלה יותר קולות, אלא גם כמה מהעם בכלל מרגיש שייך לשלטון ומוכן להשפיע בו.

מלבד זאת נוסד כלי חדש – "סקרים". הסקר הוא מדידה מוקדמת של דעת העם, עוד לפני שמתרחשת הבחירה עצמה. לוקחים מדגם קטן של אנשים, ושואלים אותם לדעתם, ועל פי זה מחשבים מה תהיה דעת הכלל. אף כי אין

זו ידיעה גמורה, בכל זאת נעשתה למדד חזק המשפיע מאוד על מהלך הציבור, פעמים לטובה ופעמים לרעה.

בכל זה ניכר שינוי גדול ממה שהיה בימים קדומים. אז לא נמדדה כלל דעת הלבבות. היום יש מעלה ויש חיסרון: המעלה היא שדעת כל יחיד נחשבת ונמדדת במספר. החיסרון הוא שהכל נעשה מספרים יבשים, ואדם עלול לחשוב שכל ענין הדעת והרצון של עם שלם אינו אלא חשבון של אחוזים, ושוכח את הנפש ואת העומק שמאחורי זה.

אכן, עצם המדידה של אחוזי הצבעה וסקרים נכנסה בתוך כלל המדידות של החברה, ונעשית כעין שיקוף של מצב הרגש והרצון בציבור. זהו מראה חדשה, שלא היתה בידי אבותינו כלל, ורק בדורותינו נעשתה ליסוד חשוב מאוד בכל הנהגת המדינות.

סיכום שער שמיני – מדידות כסף וחברה

בכל השערים שלפני זה עסקנו במדידות של גוף העולם – מדידות האדמה, המזון, המים, הזמן, התנועה, האור והחום. בשער השמיני באנו למדידות מן הסוג האחר – מדידות החברה, מדידות הערך. כאן לא נמדד דבר מוחשי בלבד, אלא גם דברי רוח והרגשה: כמה שוה המטבע, כמה נחשבת העבודה, כמה מרגישים בני אדם בטוחים או עניים, כמה מתוך העם נוטים לצד זה או לצד אחר.

התחלנו מן היסוד של כסף, שהוא בעצמו מדד לערך. לא עצם הכסף הוא החפץ, אלא מה שהכל מסכימים עליו כמדד. ברגע שהוסכם בין בני אדם שערכו של הכסף הוא מדידה מוסכמת, נפתח פתח למדוד כל דברי העולם בערך מספרי. מכאן נתגלגלו גם אחוזי הריבית והמסחר במניות, שבהם נמדד העתיד במושגים של אחוזים ושינויים קלים.

לאחר מכן ראינו את מדד המחירים והאינפלציה, שהם כבר לא ערך של חפץ פרטי, אלא ערך של כלל החברה. כמה עלה וכמה ירד, כמה האוכל יקר או זול, ומה מצב הכיסים של ההמון. בזה ניכר שהחברה אינה נמדדת באדם פרטי, אלא בתנועות כוללות – והמכשירים למדוד נעשו ליסודות הכרחיים בהנהגה הכלכלית.

מכאן עברנו למדידות של אחוזי אבטלה, שבהם נמדדת לא רק העבודה עצמה, אלא מצב הנפש של החברה: כמה אנשים מוצאים מקום לפרנסתם, וכמה נשארים בלי. אחר כך למדנו על מדידות של דמוגרפיה, שבהן נמדד עצם החיים – לידות ומיתות, נישואין וגירושין, עליות וירידות במספר הכללי.

ובסיום עסקנו במדידות של אחוזי הצבעה וסקרים, שבהן נמדד כבר לא כסף ולא אוכל, אלא דעת הלבבות. כמה בני אדם ניגשו אל הקלפי, כמה בחרו בדרך אחת וכמה בדרך שנייה, ואיך דעתם של יחידים הופכת למדד של כלל.

נמצא שכל שער זה מגלה שהעולם של המדידות יצא מגבולות הטבע ונכנס לתוך גבולות החברה. גם מה שאינו נמדד בחוש, נעשה למדוד במספרים. בזה יש מעלה גדולה, שיש סדר ובהירות גם בעניינים רוחניים־חברתיים. אך יש גם חסרון, שאדם עלול לשכוח את המציאות החיה שמאחורי המספרים, ולראות הכל רק כטבלאות וסטטיסטיקות.

כללו של דבר: השער השמיני מגלה שכשם שהטבע נמדד במספר, כך גם החברה נמדדת במספר. ובזה נשלם מהלך גדול – שהאדם מנסה להביא סדר ובירור לא רק בחומר, אלא גם בנפש החברה וביחסיה.

שער תשיעי – מדידות מרחב ומיקום

מבוא לשער תשיעי

מן השערים הקודמים למדנו איך נמדדים דברים שבחוש: אוכל, מים, זמן, תנועה, כסף וחברה. אך ישנה מדידה אחרת, שהיא שייכת לעצם המקום שבו עומד האדם – מדידות המרחב והמיקום. תמיד חיפשו בני אדם לדעת: היכן הם נמצאים, כמה רחוק המקום הבא, היכן הגבול עובר, ומה גובה ההר או עומק הים.

הפרק הראשון הוא GPS – מיקום עולמי. כהיום נעשה פשוט שכל אדם בכיסו יש מכשיר שמראה לו את מקומו המדויק לפי קווי אורך ורוחב, דרך לוויינים החגים למעלה. אין כמעט מקום בעולם שאין נמדד במספרי צפון־דרום ומזרח־מערב. אך בעבר, לפני מאות ואלפי שנים, כל מיקום נמדד בסימנים טבעיים: זריחת השמש, כיוון הרוחות, כוכבים במרום. אדם שעבר במדבר או בים ידע למצוא דרכו רק על ידי הסתכלות בעין ובהבנה פנימית, והמדידה היתה יותר כח של חוש מאשר כח של מספר. ההבדל בין שתי השיטות מגלה עד כמה נשתנה העולם: מראייה חיה של מקום, למספר יבש של קואורדינטות.

הפרק השני – גבהים וגבולות. תמיד רצו לדעת מהו הגבול בין מדינה למדינה, ובין חלקת שדה לשדה. התורה כבר דברה ב"לא תסיג גבול רעך", והמדידה נעשתה באבנים ועמודים. גם מדידת הגובה של ההרים והבקעות היתה על פי הערכות: כמה זמן לקח לעלות, כמה נשבר הכוח בדרך. כהיום יש מכשירים שמודדים בגובה מדויק של מטרים, עד חלקי מטרים, והכל נרשם במפות. הגבול כבר אינו רק אבן בשדה, אלא קו מדויק הנראה בלוויין.

הפרק השלישי – מפות עתיקות מול חדשות. מפת העולם של פעם היתה ציור דמיוני למחצה: מקומות שראו – שרטטו, ומקומות שלא ראו – ציירו באומדנא. לפעמים היו במפה ציורים של חיות פלאיות, ים סוף נמשך לאפריקה, ואיי הודו נראו כקרובים לאירופה. כהיום המפות הן מדויקות לגמרי, מתוקנות לפי מדידות שיט, אויר ולוויין. נמצא שההבדל הוא לא רק בידיעה, אלא גם בהרגשה: מפת פעם היתה ספר של דמיון ומסורת, מפת היום היא כלי של מספור.

הפרק הרביעי – מדידת מרחקים בים וביבשה. מלחים של פעם מדדו מרחק לפי מספר הימים שהלך הספינה ברוח, ולפי הכוכבים. בארץ מדדו לפי הילוך הרגלים או מריצת הסוס. כהיום מדידה נעשית בקילומטרים מדויקים, ואף מעבר לזה – במכשירים המודדים מרחק בלייזר, בחלקי שניות. כל מסע נמדד מראש באורך ובמהירות.

נמצא שכל שער זה מגלה לנו את ההבדל שבין מדידת המקום במציאות החיה, ובין מדידת המקום במספרים. פעם המקום היה נקודה של עמידה וחוויה: זה ההר, זה המדבר, זה הים. היום המקום הוא מספר: גובה כך וכך, קו כך וכך, אורך כך וכך. בזה העולם נעשה מסודר יותר, אך גם דמיונו הפנימי של האדם נחלש.

פרק ראשון GPS – ומדידת המיקום העולמי

כל אדם יודע היום מה פירוש המילה GPS. הוא פותח מכשיר קטן שבכיסו, ותיכף הוא רואה באיזה רחוב עומד, ואפילו באיזה בית, עם מספר מדויק. הדבר נעשה על ידי לוויינים רבים שמסתובבים תמיד מעל ראשינו, וכל אחד שולח אותות, והם מצטרפים זה לזה ומחשבים מרחקים, ומתוך זה נודע מקומו של כל אדם בעולם. זה פלא עצום, אך נתפשט כל כך עד שנעשה פשוט לכל ילד.

אבל בימים עברו, אם רצה אדם לדעת היכן עומד – לא היה לו שום מכשיר. הדרך היחידה היתה ההסתכלות בעצמו: היכן השמש זורחת, לאן היא שוקעת, היכן הכוכבים במרום, איך נושבת הרוח, ואיזה הרים או עצים מסביבו. הסוחר במדבר היה שם לב לאבנים קטנות שסימן, לריח פרחים, לקול של מים רחוקים. המלחים בים הסתכלו בכוכבים, מדדו את גובה השמש בצהריים בעזרת מקל או כלי פשוט, והבינו לפי זה את קו הרוחב.

ההבדל גדול מאוד. במדידה של פעם, האדם היה צריך להיות חי עם המקום, להרגישו בכל חושיו. עיניו היו מורות לו לאן ילך, והיה לו כח פנימי של כיוון. כהיום אינו צריך לדעת כלום בעצמו, די לו ללחוץ כפתור. מצד אחד זה מביא סדר ומסודרות עצומה – אין מי שילך לאיבוד. אבל מצד אחר נחלש חוש האדם להרגיש את מקומו בעצמו.

עוד צריך לדעת, שבפעם היו אומרים "הדרך מעיר זו לעיר זו – שלשה ימים ברגל, או יום אחד בסוס". זה היה לשון של מקום ומרחק. כהיום אומרים "חמשים קילומטר". נמצא שהמרחק נעשה מספר, ולא הרגשה של הליכה. בזה העולם נשתנה לגמרי.

הפרק הזה מלמד יסוד: מדידת מקום אינה רק חשבון קר, אלא גם ידיעה פנימית. הדורות הראשונים חיו בתוך המדידה, והדורות המאוחרים סומכים על מספרים. כל אחד יש לו מעלתו וחסרונו.

פרק שני – מדידת גבהים וגבולות

מדידת הגבהים היתה מאז ומקדם דבר גדול מאוד. ההרים הגבוהים היו סימן עיקרי למסע. כשהולך אדם מן העמק להרים, הוא הרגיש את העליה ברגליו, את האויר הדק יותר, את הרוח הקרירה. זה היה המדד. מי שהיה רגיל במקום, ידע לומר: זהו הר גבוה, זהו גבעה נמוכה, כאן המקום קשה לעלות, כאן קל. המדידה היתה בלב ובחושים, ולא במספרים.

אחר כך התחילו למדוד במקלות, להעמיד קנה או חבל ולראות כמה משתפל ההר, למדוד הצללים בצהרים ולחשב גובה העמוד מול גובה ההר. וכל זה נעשה בידיים פשוטות, עם הרבה עמל ועין חדה.

כהיום יש לכל דבר מספר מדויק. ההר פלוני – כך וכך מטר. העיר יושבת בגובה כך וכך מעל פני הים. זה נמדד בכלי מדויקים, במכשירים של לחץ אויר, ואחר כך בלוויינים עצמם. המספרים האלו מסודרים בכל ספרי הגיאוגרפיה, והם נעשו שפה משותפת לכל בני אדם.

וכן בענין הגבולות. בעבר גבול היה דבר טבעי: נחל זה מפריד בין שני כפרים, יער זה הוא קצה הארץ של פלוני, חומה זו היא סוף העיר. הגבול היה חלק מן המקום, היה לו רגש וחיות. כהיום הגבול הוא קו ישר על מפה, מסומן בעיפרון, ואחר כך נחקק במסמכים. גבול נעשה ענין של משפטים, חוזים ומספרים, ולא של עין רואה.

אבל יש עוד עומק בזה. הגבולות של פעם היו נזילים, זזו לפי הצורך, לפעמים לפי כבוד, לפי כוח, לפי קרבת השדות. כהיום הגבולות נמדדים בקפידה, יש להם קואורדינטות, כל מעלה וכל דקה בחשבון. זה נותן סדר גדול, אך גם מחסיר מן הפשטות והחיות.

נמצא שהמדידה של גבהים וגבולות מגלה לנו את המעבר מהרגשה פנימית של מקום להעמדה במספרים קבועים. זהו שינוי גדול, והוא מראה לנו שוב איך המדידות שינו את האדם עצמו, איך רואה את עולמו.

פרק שלישי – מפות עתיקות מול חדשות

המפה של פעם לא היתה אלא ציור פשוט, מלא רגש ודמיון, כדי להראות לאדם איך נראה העולם שסביבו. במפות הקדומות רואים את ירושלים באמצע, והעולם כולו סובב סביבה. יש מפות שהים הגדול מסומן בקו עגול, והיבשות רק משורטטות בקווים כלליים. לא ביקשו בהם דיוק, אלא סדר

והבנה כללית: כאן ארץ פלונית, כאן עיר פלונית, כאן נחל, כאן מדבר. לפעמים מצאו במפה גם ציורים של דגים, חיות או מלאכים, מפני שהמפה היתה גם תמונת העולם בנפש.

במשך הדורות התחילה המפה להיעשות יותר כלי למדידה. הסוחרים והמלחים ביקשו לדעת מרחקים ודרכים, ולכן הכניסו לתוכה קווים ישרים, כיוונים, מצפנים. התחילו לחרוט מפות על קלף, ואחר כך להדפיסן, וכל דור נתוסף בהן דיוק. אבל עוד זמן רב היו המפות שונות זו מזו, כל אומה ציירה את העולם כפי שהכירה אותו, וכפי שנשקף לה עיקרו.

עד שבאו המדידות המדעיות והביאו סדר חדש. כל מקום נמדד לפי מעלות אורך ורוחב, כל קו חוף נמדד בספינות ובמכשירי ניווט. כהיום המפה היא שרטוט מדויק, שעל פיה אפשר ללכת בכל מקום, וכל פרטי המקום נרשמים: הרים, עמקים, דרכים, מסילות, גבולות.

אבל יש כאן נקודה פנימית. המפה הישנה ביטאה את מבט האדם, איך ראה את העולם. המפה החדשה היא תמונה של העולם לעצמו, בלי קשר אל עין האדם. בזה רואים שינוי עצום: פעם היה העולם נמדד לפי האדם, כהיום האדם נמדד לפי העולם.

גם בזה אנו למדים יסוד גדול. המדידות המדויקות נתנו סדר עצום, אבל גם הרחיקו את הרגש הפשוט. כהיום אדם רואה במפה את מקומו המדויק, אבל אין לו בהכרח את אותה תחושת קרבה וחיים למקום כמו לאבותיו.

פרק רביעי – מדידת מרחקים בים וביבשה

מדידת הדרך ביבשה היתה מאז ומקדם ענין של הצורך הפשוט. אדם היוצא מעירו היה צריך לדעת כמה רחוק מקום חפצו. בתורה אנו מוצאים שיעור מיל, פרסה, תחום שבת, וכל אלו הם מדידות מרחקים. עיקרן היה על פי צעד האדם או לפי הילוך יום, וכך חיו כל הדורות. כשאמרו דרך של שלשה

ימים, הכוונה היתה כמה יכול אדם ללכת בשלשה ימים, לא מספר מדויק של קילומטרים.

באותו זמן אנשי הים מדדו בדרכם. הספנים חישבו את הדרך לפי זמן ההפלגה, לפי כיוון הרוח, ולפי מה שראו בכוכבים. כלי פשוט היה להם – חבל ארוך שנקרא "לוג־ליין", שבו קשרו קשרים במרחקים שוים, ובסוף החבל חתיכת עץ. היו משליכים את העץ למים, וכשהספינה נעה ספרו כמה קשרים עברו בזמן מסוים, ומכאן ידעו מהירות הספינה. מכאן באה המילה "קנאט" למדידת מהירות הים עד היום.

בארצות היבשה נתפתחו עם הזמן דרכים חדשות. באו המרכבות והסוסים, ונתחדש הצורך לדעת כמה יכול סוס לרוץ ביום או בשעה. אחר כך נתפתחו הדרכים והמסילות, והתחילו למדוד לא לפי צעד אדם אלא לפי עמודי מדידה שהוצבו על אם הדרך. כהיום כל כביש מחולק לקילומטרים ומטרים, והכל מדוד לפי השיטה העשרונית.

ההבדל שבין המדידה הקדומה למדידה החדשה הוא עצום. פעם הכל היה בערך: יום הליכה, פרסה, דרך שלשה ימים. כהיום כל מרחק נמדד בדיוק של מטרים, והאדם יודע עוד קודם צאתו כמה זמן יקח לו להגיע.

אמנם גם בזה יש רווח והפסד. מצד אחד, סדר עצום נולד מזה, מסילות ברזל ודרכים מסודרות, תעופה וניווט. מצד שני, נחלש אותו חיות של "דרך" כפי שידעוה אבותינו – לא מרחק קר ומדוד, אלא מסע של חיים, הליכה עם עמל, עם חניה, עם חוויות הדרך.

סיכום שער תשיעי – מדידות מרחב ומיקום

בכל הדורות היה לאדם צורך למדוד את מקומו במרחב. אבותינו הכירו גבולות ותחומים: תחום שבת, גבולות נחלה, פרסה ויום הליכה. כל אלו היו מדידות טבעיות, נשענות על צעד רגל, הילוך סוס, או מסע של ימים.

כשעברו בים מדדו לפי כוכבים, לפי הרוח, או לפי חבלים בעלי קשרים, ומכאן נתגלגלו יחידות מדידה שעד היום קיימות.

עם הזמן נכנסו כלי מדידה מדויקים יותר. המפות נשתכללו, הגבולות סומנו בקפדנות, ואפילו גובה ההרים והעמקים נמדד במספרים. השיטה החדשה איפשרה סדר בכל העולם, וממנה יצא גם כלי הנפלא של GPS, המודיע לכל אחד בכל רגע את מקומו המדויק על פני האדמה.

ממילא נשתנה כל ענין ההליכה והנסיעה. פעם אמרו דרך של שלשה ימים, כהיום אומרים מאה וחמישים קילומטר. פעם חשבו לפי כוח האדם והסוס, כהיום לפי מהירות המטוס והמכונית. המדידה המדויקת הקלה הרבה בחיי המסחר, בתעבורה ובתיאום שבין מדינות ועמים, אבל מאידך נחלשה אותה תחושת מסע – דרך של חיים, מסע שיש בו הפתעות, עיכובים, מנוחה ועמל.

ובזה אנו רואים יסוד כל השער הזה: האדם תמיד ביקש למדוד את מקומו ואת דרכו, אלא שבכל דור נתן לו השם יתברך כלים אחרים – פעם על ידי צעד פשוט, פעם על ידי כוכבים, ופעם על ידי מכשירים דקים שאין טעות בהם. הכל מגלה אותו יסוד פנימי, שהאדם אינו יכול לשאת חיים בלי סדר ובלי מידה, גם במרחב הגדול שסביבו.

שער עשירי: מדידות החומר

פרק ראשון: מדידת מצבי החומר – גז, נוזל ומוצק

בעולם הפשוט האדם רואה את החומר בשלשה מצבים, מוצק נוזל וגז. במוצק יש קביעות, גבול ברור וצורה יציבה. בנוזל יש זרימה, תנועה, אבל גבולותיו שמורים בכלי שבו הוא נמצא. בגז אין לא גבול ולא גבול הכלי, אלא מתפשט בכל מקום שיכול, וכל עניינו הוא לחץ ותנועה פנימית שאין לה מנוחה. כבר הראשונים ראו בזה ציור לנפש האדם, שיש בו קביעות יציבה כצורת האבן, יש בו רגשות נוזלים כמים, ויש בו מחשבות קלות ומתפשטות כרוח.

המדע חקר איך מודדים כל מצב. במוצק מודדים את קשיותו, צפיפותו, חוזקו. בנוזל מודדים את נפחו, צמיגותו, טמפרטורת הרתיחה והקפיאה. בגז מודדים את לחץ האוויר, את הטמפרטורה, את התפשטותו לפי כלים שונים. והכל נכנס תחת חוקי פיזיקה פשוטים, שנמדדים תמיד בשלשה: נפח, לחץ, טמפרטורה. מה שנקרא בלשון המדע "חוקי הגזים."

אך יותר מזה, יש מצבים נוספים שהעולם לא ראה מתחילה, ורק הכלים החדשים גילו. יש פלזמה, שהיא חומר במצב רביעי, לא גז ולא אש ולא נוזל, אלא מצב שבו האטומים מתפרקים והחלקיקים טסים חפשי. בזה נמדד אור הכוכבים, וגם השמש כולה אינה אלא כדור של פלזמה. והמדידה בה היא מדידת חום, קרינה, והשתנות האנרגיה.

המדידות של מצבי החומר נתנו לאדם כוח לא רק להבין מה הוא רואה, אלא גם לשלוט. למדוד חום ולדעת אם המים הגיעו לרתיחה, למדוד לחץ ולדעת אם הכלי יתפוצץ או יעמוד, למדוד נפח ולדעת אם היין או השמן יספיקו לכל המשפחה. והרי זה חלק מתולדותיו של האדם, שבכל דור לא הסתפק

בראייה הפשוטה, אלא ביקש כלי מדידה חדשים, להכניס אל העולם דיוק, כדי שיוכל להבטיח לעצמו חיים מסודרים ובטוחים.

ואף כאן ניכר הכלל הגדול שנמצא בכל המדידות: בתחילה האדם ראה את הדברים כענין רוחני, מים ככוח החיים, רוח ככוח הדיבור, אש ככוח התשוקה. רק לאחר זמן נעשה לזה מדידה גשמית – כמה מעלות, כמה אטמוספירות, כמה ליטרים. נמצא שהמדידה היא גשמות של ציור שהיה קודם כרוח.

פרק שני: מדידות ריכוזים והרכב כימי

החומר איננו עומד תמיד בפני עצמו. בכל מקום יש תערובות, חיבורים, תערובת מים עם מלח, אוויר עם חמצן וחנקן, ברזל עם פחמן. הכל נמדד ונשקל לפי שיעור חלקיו. וכך נכנסה לעולם המדידה החדשה, לא רק מה גובהו של דבר או מה כבדו, אלא מהו ההרכב הפנימי שבו, כמה מכל חלק יש בו, כמה נוזל טהור וכמה תוספת, כמה מתכת עיקרית וכמה סיג.

מדידה זו נעשתה ליסוד בחיי האדם. מלח במים – זהו טעם ותבלין, אך יותר מזה זהו חיות הגוף, מלח בדם ושאר מינרלים, שרק כאשר נמדדים באיזון נכון מתקיים הגוף בחיים. יין נמדד לפי אחוזי אלכוהול שבו, וחלב נמדד לפי אחוזי שומן. אפילו האוויר נמדד כמה אחוז חמצן יש בו, וכשיש בו פחות – מיד מרגישים חולי וחוסר חיים.

בימי קדם לא ידעו למדוד אחוזים במספרים, אלא הרגישו בריח ובטעם. יין חזק ידעו בו מריחו וטעמו, מלח רב ידעו בו בטעימת לשון. ואפילו ברפואות השתמשו בזה, כל עשב נבחן בריח ובטעם, ולא במספרים. רק בדורות האחרונים התחילו לתת לכל הרכב מספרים מדויקים – כמה אחוזי זהב במטבע, כמה אחוזי ברזל בחרב, כמה אחוזי גופרית בחומר נפץ.

ולבסוף הגיעו אל עומק המדידה – לא רק למדוד חלקים גסים, אלא למדוד אטומים מולקולות. לא רק לומר שיש מלח במים, אלא למדוד כמה מולקולות נתרן, כמה מולקולות כלור, איך הן מתחברות זו עם זו, כמה הן מפוזרות בתוך נפח המים. וזה הביא לעולם חדש של מדע וכימיה, שכבר איננו מסתפק בראייה חיצונית, אלא בוחן כל פרט עד ליסודו.

מדידות אלו של ריכוזים נעשו מפתח לכלכלה ולמסחר. מי שידע כמה אחוז כסף במטבע, ידע ערכו. מי שידע כמה מים מעורבים בשמן, ידע טהרתו. ומכאן יצא גם לעולם של טהרה והלכה – כמה מים מעורבים ביין, האם יש רוב מים או רוב יין, האם נשאר טעמו או נתבטל. הכל נמדד, אף אם אז היה המדידה בטעם ובחוש, והיום במספרים.

ונמצא שמה שמודדים היום במעבדה בלייזרים וכלים דקים, כבר עמד אצל אבותינו בחוש פשוט. רק שכיום נתן האדם צורה גשמית מדויקת לחושיו.

פרק שלישי: מדידות אטומים וחלקיקים זעירים

כשהעולם התחיל להסתכל יותר פנימה, גילה שיש עולם קטן עוד יותר מן העין, עולם שלא נראה כלל, אך ממנו עומד כל העולם הגדול. בתחילה סברו החכמים שיסודות החומר הם אש רוח מים עפר, אחר כך נתברר שיש יסודות רבים, וכל אחד מהם בנוי מאבני יסוד קטנים שנקראו אטומים. ומכאן התחיל עיקר המדידה של החלקיקים הזעירים.

בימים ראשונים לא היתה שום דרך למדוד זאת. ידעו שהחומר מתחלק תמיד לעוד חלק ועוד חלק, אך לא ידעו אם יש סוף לחלוקה. רק עם הזמן נתגלה שיש גבול, חלק שאינו נחלק עוד, והוא נקרא אטום. אך גם זה נתגלה שאיננו סוף, שגם האטום בעצמו בנוי מחלקיקים קטנים ממנו – פרוטונים, ניוטרונים, אלקטרונים. ובדורות מאוחרים עוד יותר נתגלה שגם אלו נבנים מחלקים קטנים עוד יותר שנקראו קווארקים.

המדידה כאן איננה במשקל ובמידה גסים, אלא באמצעים עדינים של קרני אור וקרני לייזר, של מכונות המאיצות חלקיקים, ומודדות את המסלולים והכוחות הפועלים בהם. לא מודדים אותם בעין, אלא במדידות עקיפות – כמה קרן מתעקמת כשעוברת בהם, כמה חלקיקים מתנגשים ומה תוצאותיהם.

בעולם ההלכה כבר עמדו על נקודה זו, אף שלא קראו לזה בשם אטומים. הרי כל דיני ביטול ברוב, כל דיני "אין החתיכה אוסרת עד שתיתן טעם", הכל תלוי בשאלה: האם החלק הקטן הזה מורגש, האם יש לו ממשות. נמצא שמצד אחד התורה מחשיבה גם את המעט, ואפילו טיפה אחת של יין אסור בתוך קנקן גדול אם היא ניכרת. ומצד שני, התורה גם יודעת לבטל את המעט כשנבלע ונעלם, כאילו לא היה. בזה רואים איך המדידה של החלק הקטן כבר היתה חקוקה בדברי חז"ל, אלא שבדבריהם נקראת בשם "טעם", "ממשות", "רוב" ו"מיעוט."

והיום, המדידה של החלקיקים הזעירים פתחה עולם חדש. כל כלי החשמל עומד על תנועת האלקטרונים. כל מכשיר דיגיטלי עומד על חישוב מצבים קטנים – יש או אין, אחד או אפס. נמצא שהעולם כולו כבר חי חיים של מדידות זעירות, עד שאפילו הדיבור והכתיבה כאן אינם אלא מדידות של חלקיקי חשמל העוברים זה לזה.

ועל זה יש לשים לב: ככל שהאדם יורד למדידה זעירה יותר, כן הוא מתרחק מן החוש האנושי ומן הפשטות, וצריך לסמוך על כלים מתווכים. בזה יש מעלה ויש חיסרון – מעלה, כי אפשר לדעת דברים שלא נודעו מעולם; חיסרון, כי האדם עצמו איננו מרגיש זאת, אלא בוטח בכלים ומדידות. נמצא שהמדידה הזעירה מגלה לנו עולמות חדשים, אך גם מעמידה אותנו על גבול חדש בין מה שהאדם חש בעצמו לבין מה שהוא יודע רק דרך מכשירים.

פרק רביעי: מדידות קרינה וכוחות בלתי נראים

מן הדברים הפשוטים למדוד – כגון משקל, מרחק, זמן – עבר האדם למדוד דברים שלא רואים בעין כלל. בזה נכנס ענין הקרינה והכוחות הבלתי נראים. הקרינה היא מין כח שיוצא מן הגוף בלי שיראה בעין, אך יש לה פועל גדול מאוד. השמש מקרינה אור וחום, האדמה מקרינה קרני רדיו וקרני גמא, וגם בגוף האדם יש קרינות קטנות שלא ניכרות.

בתחילה לא ידעו כלל שיש דברים כאלו. האדם היה רגיל שכל מה שנראה – ישנו, ומה שלא נראה – אינו מציאות. רק כשנתגלה ענין המגנט, שהברזל נמשך אחרי האבן בלי שום מגע, התחיל העולם להכיר שיש כוחות שאינם נראים ובכל זאת פועלים. אחר כך נתגלו החשמל והקרינה, ונפתח פתח למדוד מה שלא רואים.

מדידת הקרינה נעשית בכלים מיוחדים. יש מד גייגר המודד את הקרינה היוצאת מחומרים מסוימים, יש מכשירים המודדים קרני רנטגן, ויש מחשבים המודדים עוצמת גלי רדיו וגלי אור בלתי נראים. כל אלו מראים כמה חזק הכח וכמה הוא מתפשט.

גם בהלכה אנו מוצאים מושגים קרובים לכך. הרי יש דין של טומאה העוברת דרך אוהל, שאין נוגעים במת כלל ובכל זאת נטמאים. וכן יש דין של "ריחא מילתא היא" – שריח יוצא מן התבשיל ונחשב כטעם. אלו הם מיני קרינה רוחנית – לא רואים ולא נוגעים, אך הפועל שלהם ניכר. נמצא שגם התורה הקדושה לימדה אותנו מראש שיש מציאות כזו, של דבר שאינו נוגע ממש ובכל זאת פועל ומחייב.

בימינו, כל חיי האדם עומדים על המדידות האלו. הצבא מודד קרני רדאר כדי לדעת היכן המטוס. הרופא מודד קרני רנטגן כדי לראות בתוך הגוף. אנשי המדע מודדים קרני גמא כדי לדעת מהו מצב היקום. נמצא שהעולם כולו נפתח לעולם חדש של מדידות בלתי נראות, ודווקא מדידות אלו מגלות

לעולם כמה קטן הוא האדם מול כוחות גדולים ממנו שאין לו שום שליטה עליהם, ורק נמסר לו מעט להבין ולמדוד.

פרק חמישי: מדידות כימיות – תגובות, ריכוזים ותכונות נסתרות

בעולם הכמיה, כל יסוד וכל חומר נמדד לא כפי שנראה לעין, אלא כפי התוכן הפנימי שבו. החומרים מתחברים ומתפרקים זה עם זה, יוצרים חיבורים חדשים או מתפרדים לצורות חדשות, וכל זה נמדד בריכוזים, ביחסים ובכמויות מדויקות.

בימי קדם הסתכלו בני אדם על שינויי החומר כמעשה פלא. מתכת שנהפכת לנוזל, מים שמרתיחים ונעשים לאד, סיד שנשרף באש ונעשה אבק לבן – כל אלו נחשבו שינויי צורה בלתי מובנים. לא היה בידם מדידה. רק ברבות הימים למדו בני האדם שמדובר בתגובות מסודרות מאוד, וכל תגובה יש לה חוקים פנימיים, יחס של אטומים מול אטומים, והכל מדוד במספרים ברורים.

מדידת הריכוזים נעשית בכוסות מדידה, במשקלות עדינים, ובמכשירים מיוחדים המגלים כמה מלח יש במים, כמה חומציות יש בתמיסה, כמה אחוז של חמצן יש באוויר. כל אלו הם מדידות כימיות המגלות כמה יסוד נמצא בתוך תערובת גדולה.

כשהתורה מדברת על יין נסך או על מים שאובים, יש בזה גם ענין של מדידה פנימית. כמה טיפות של מים נפלו לתוך היין – האם מבטלין או לא. כמה חלב נפל לתוך בשר – האם יש ששים או אין ששים. נמצא שכל ההלכה מלאה מדידות של ריכוזים ותערובות, אלא שהיא מודדת לא בכלי מדעי, אלא בסברא הלכתית של ביטול ושיעור.

עוד ענין: יש מדידות של מהירות תגובה. יש חומר המתחבר מיד, ויש שמתחבר לאט מאוד. גם זה נמדד, כי יש תהליכים שבונים חיים על פי מהירותם – למשל איך הגוף מעכל מאכלים, כמה מהר הכדור נשרף באש, וכדומה.

העולם המודרני תלוי כולו במדידות כימיות. כל מפעל, כל תרופה, כל מאכל ומשקה – נבדקים בריכוזים ובתגובות. כל זה מראה כמה המדידה ירדה גם למעמקי החומר, לא רק למה שנראה בעין, אלא למה שמסתתר בעמקי יסודות החומר.

פרק שישי: מדידות ביולוגיות – דופק, נשימה, גנים וחיים נסתרים

החיים עצמם נראים כאילו אינם ניתנים למדידה. הנשמה שבתוך האדם, הרגש הפנימי, הרצון – כל אלו נראים כאילו אינם תופסים מספר. אבל כשנתבונן נמצא שגם החיים מתבטאים בגוף, והגוף פועל בסדרים של קצב ומדידה.

הדופק הוא דוגמה פשוטה. כל פעימת לב נמדדת, וכך יודעים אם הגוף בריא או חלש. הנשימה אף היא נמדדת – כמה פעמים בדקה נושם האדם, כמה אוויר נכנס ויוצא. בימי חז"ל הזכירו פעמים רבות את כח הנשימה והחיות, כגון "כל הנשמה תהלל י־ה" – על כל נשימה ונשימה, שהיא עצם מדידת החיים.

מדידות אלו פשוטות נראות לכל אחד, אבל עם הזמן למדו בני האדם למדוד גם דברים עמוקים ונסתרים יותר. החום של הגוף – מדחום פשוט מגלה אותו. הלחץ שבדם – נמדד במכשירים. אפילו חומרים קטנים מאוד שבתוך הדם – סוכר, מלח, הורמונים – כולם נמדדים באמצעים מדעיים עדינים. נמצא שמדידת החיים ירדה אל תוך כל פרט קטן שבאדם.

בימינו התקדמו יותר, ומודדים גם את הגנים – היסודות שבתוך כל תא ותא. אלו קובעים תכונותיו של אדם, צבע עיניו, מבנה גופו, ואפילו חולשותיו ומחלותיו. הכל נמדד במעבדה, והאדם עצמו יכול לראות את ספר חייו כתוב בתוך הגנום שלו.

יש בזה פלא גדול: מה שנראה כחיים נסתרים, שאין להם שיעור, נתלבש במספרים ברורים. כמה פעימות בדקה, כמה תאים בגוף, כמה מולקולות בתוך הגן. וזה מעורר שאלה פנימית: אם כל החיים נמדדים, היכן עומדת הנשמה, שאינה נמדדת? האם גם לה יש מדידה, או שמעל המדידה עומדת היא, ודווקא מזה ניכר שהיא אלוקית.

כך יוצא שהמדידות הביולוגיות פותחות לפנינו שער. מצד אחד מגלות הן את עומק החומר של החיים, איך כל תנועה וכל נשימה מדודה. ומצד שני מגלות הן שגם אחרי כל המדידות – נשאר משהו פנימי שאין בו מספר, והוא יסוד חיותו של האדם.

סיכום שער עשירי – מדידות החומר

בכל המדידות שקדמו לשער זה – מדידות הגוף, המזון, המשקים, המשקל, העובי, הזמן והתנועה – עמדנו על דברים הקרובים אל חיי האדם: מה שהוא רואה, טועם, נוגע, או נושא בידו. אבל כאן בשער החומר נפתח לפנינו עולם חדש: לא רק מה שנראה ונרגש, אלא עצם יסוד החומר.

החומר נמדד במצבים שונים – גז, נוזל, מוצק – וניכר עד כמה ההגדרות הללו נעשו יסוד להבנת כל מציאות. נמדדו ריכוזים ותערובות, מה טהור ומה מעורב, מה מזוקק ומה מלא זיהום. ירד המדע עד לחלקיקים זעירים – אטומים ואלקטרונים – שמציאותם כלל לא נודעה לבני הדורות הראשונים. ואף על פי כן, היום נמדדים הם במספרים מדויקים, עד כמה קטן ועד כמה מהיר. גם כוחות נסתרים, שאינם נראים לעין – קרינה, גלי רדיו, אור נעלם

– נעשו כולם מדודים, כאילו הפכו להיות דברים מוחשיים רק מפני שהמספרים מקיפים אותם.

נמצא, שבשער זה נשלמה ההתרחבות: מהמדידה של מה שנמצא ביד האדם – משקל, אורך, נפח – אל המדידה של עצם היסודות שמרכיבים את העולם. וזו נקודת השינוי הגדולה: בני האדם שוב אינם מסתפקים במדידה של מה שנראה ונגיש, אלא מבקשים למדוד גם את מה שנעלם מן העין.

בזה מתברר יסוד כל המדידות: אין גבול לתשוקת האדם לגלות במניין ובמשקל את כל אשר נמצא בעולם. כל דבר שנראה – נמדד; וכל דבר שלא נראה – ממציאים דרך למדוד. החומר כולו, על כל מצבייו ונסתרותיו, נהפך להיות מציאות של מספרים.

וזהו הסיום לשער החומר: שהעולם איננו עוד חומר סתמי, אלא חומר מדוד. לא סתם ברזל, אלא ברזל של כך וכך אחוזי פחמן; לא סתם אויר, אלא לחץ כך וכך פסקל; לא סתם אור, אלא גל באורך כך וכך ננומטר. העולם כולו נתגלה מחדש – לא כחומר בלבד, אלא כחומר שנמדד בכל פרטיו.

שער אחד עשר: מידות ושיעורי תורה

מבוא לשער אחד עשר – מידות ושיעורי תורה

עד כאן עסקנו במדידות של העולם – הגוף, המזון, המשקים, הזמן, המשקל, החומר. כל אלו הם מדידות שנעשו על ידי בני אדם כדי להכיר את סביבתם, להבין את המציאות, להקל על המסחר והמלאכה, לבנות את הבניינים ולשפר את חיי היום־יום.

גם בתורה הקדושה נוגע המידות והשיעורים, שיעורין הלכה למשה מסיני. בתורה לא מדברים בלשון גרמים ומיליליטרים, אלא בלשון טבעית ופשוטה: כזית, כביצה, רביעית, סאה, הין, איפה. אלו שיעורים שהיו מצויים בפי כל, חלק מהחיים עצמם. ועל היהודי לחקור עליהם ולקיים אותם כדין תורה, גם כאשר העולם השתנה ומדידותיו נתחלפו.

בזה אנו נכנסים לשער חדש – שער המידות ושיעורי התורה. כאן כבר לא נמדד רק חפץ או מאכל, כאן נמדד כל דבר לצורך קיום מצווה תלוי ובשיעור מדויק. כזית מצה בפסח, רביעית יין בקידוש, שיעור תחומין בהליכה, דפנות סוכה בעובי טפח – הכל כחלק מחיי התורה.

בזמן חז"ל השיעורים הללו היו טבעיים ומובנים לכל אחד, ואילו היום, כאשר שפת המדידה של העולם היא אחרת לגמרי, נעשו שיעורי התורה זרים לאוזן הרגילה. זה עצמו מגלה עד כמה נשתנה העולם – התורה עומדת במידותיה הנצחיות, ואילו האדם משתנה ומתרחק מהשפה שהיתה פעם טבעית לו.

שער זה יבאר את עיקרי השיעורים שנמסרו לנו, איך חיו בזה בזמן חז"ל, ואיך אנו מבינים אותם היום.

פרק א: שיעורי אכילה ושתייה – כזית, כביצה, רביעית

בגמרא כל עניני אכילה ושתייה נקבעים בשיעורים טבעיים. כזית – שיעור אכילה קטנה. כביצה – שיעור אכילה בינונית. רביעית – שיעור שתייה. לא אמרו "27 גרם", ולא "86 מ״ל", אלא אמרו בפשטות: "כזית", "כביצה", "רביעית."

הרמב"ם כתב: *"כל השיעורין – הלכה למשה מסיני, ושיעורם נמסר בידי החכמים."* ובפועל, חכמים נתנו שיעוריהם לפי טבע המציאות. כזית – כגודל זית שראו בעיניהם. כביצה – כגודל ביצת תרנגולת שהחזיקו בידיהם. רביעית – נפח נוזל מן הכלים המצויים ביד כל אחד. הכל היה מחובר לחיי היום־יום.

וכן בשאר שיעורי תורה, כמו "עשירית האיפה" – היו שיעורים מקובלים בפי העולם, כלי מדידה מיוחדים. כמו שאמר הכתוב: *"והעומר עשירית האיפה הוא"* – כאילו לומר, זה ידוע ומוסכם לכולם. וכן "שקל" – היה זה משקל ידוע בשוק. חז"ל אומרים לנו שהיה "שקל הכפול", אבל הלך עם אותו שקל שכולם הכירו. וכן "הין", "רביעית ההין" – אלו היו שמות ומידות ידועות מקודם. התורה דיברה בלשון זו כדי שלא תהיה זרה לאדם.

ובחז"ל אנו מוצאים חילוקים מפורסמים בין **מדות מדבריות, ירושלמיות וציפוריות**. מדות מדבריות – הן הקטנות ביותר, הן שהיו בזמן מתן תורה, ובהן אנו מחשבים את שיעורי ההלכה בכל מקום. כשבאו אבותינו לירושלים – הגדילו את המדות בחומש (שתות מלבר). סאה מדברית החזיקה 144 ביצים, וסאה ירושלמית – 173. בציפורי, לאחר החורבן, הגדילו עוד בחומש – סאה ציפורית החזיקה 207 ביצים. נמצא שהציפורית גדולה מהירושלמית ב־20% ומהמדברית ב־44% (ראה משנה עדיות פ"א מ"ב, ערובין פ"ג; ר"ן פסחים ק"ט ע"ב בדפי הרי"ף; רמ"א יו"ד שכ"ד).

אלא שיש לחלק: גידול המדות היה לעניין **מקח וממכר**, אבל שיעורי ההלכה נשארו צמודים למדות המדבריות, כי התורה ניתנה לפי המדברית. יוצא, שבמציאות החיים היום־יומית היו בני אדם מתעסקים כבר בירושלמיות או בציפוריות, אבל שיעורי התורה נשארו מחוברים אל המדברית.

חז"ל עצמם העירו על כך: "התודה היתה באה חמש סאין ירושלמיות שהן שש מדבריות" (מנחות ע"ו ב). כלומר – התורה נשארה ביחס קבוע למדברית, גם כשהמדות בשוק התרחבו. זה מגלה יסוד עמוק: התורה נמסרה בלשון המדות שהיו בימי מתן תורה, וכך היא עומדת לעולם.

כהיום, כשאדם שומע "כזית" או "כביצה", אין לו ציור. הוא חושב בגרמים או מיליליטרים. זהו שינוי עמוק – התורה נשארה באותו שיעור, אבל האדם התרחק ממנו מפני ששפת המדידה שלו השתנתה.

פרק ב: מדידת תחומין – מן החבל של חז״ל אל המפה המודרנית

בימי חז״ל, מדידת תחום שבת לא היתה על פי תחושה בעלמא, אלא נמסרה לידי **אומנים מומחים למדידה**. חז״ל פירשו שהמודד צריך להיות אומן, וככל שהוא בקי יותר – נאמן יותר. האומן ידע להחזיק את החבל מתוח כראוי, ידע לחשב את נטיית הקרקע, וידע לנהוג בכל כללי המדידה שהוזכרו במשנה ובגמרא. נמצא, שלא היה כאן "הרגשה" אלא מדידה של ממש, אלא שבאותם דורות המדידה היתה לפי הכלים והכוחות שהיו בידיהם.

העיקר אצלם היה **חבל המדידה**. חז״ל האריכו: שיהיה עשוי פשתן ולא מצמר או מתכת, כדי שלא יתארך או יתקצר בליחות. שיהיה מתוח ככל האפשר, לא רפוי ולא עקום. ששני אנשים יחזיקו אותו, כל אחד בקצהו,

ומודדים חמישים אמה בכל פעם. וכשבאו להר – היה זה מלא טורח. שנים היו הולכים, האחד עומד למטה והחבל כנגד לבו, והשני עומד למעלה והחבל כנגד רגליו. ובכל חמישים אמה היו צריכים להתחיל מחדש. כל זה היה מדויק ככל האפשר לפי אומנות הדור ההוא, אבל לא הגיע לדיוק של הכלים שבידינו כיום.

כהיום – המדידה היא עולם אחר. בידינו מפות גיאוגרפיות, קני מידה מדויקים, ואף מכשירי GPS. די להביט במפה – וכל תחום העיר נמדד. כל מילימטר במפה מורה על מרחק גדול במציאות, והכל נעשה בקלות.

ודאי, גם כהיום יורדים לשטח, לראות בעין אם יש בתים סמוכים בתוך שבעים אמה, או אם נוספה גדר או חצר. שהרי סוף סוף, המפה מציגה את הכל כמישור, ובשטח יתכן הר או בקעה. שם נכנס דין *מקדרין בהרים* (עירובין נח:), שמודדים בקו ישר ומתעלמים מן העליות. אולם בשיפוע קטן שאינו ניכר במפה – המציאות יכולה להשתנות. לכן צריך תמיד לראות בשטח עצמו, אלא שהבסיס כהיום הוא תמיד המפה.

כל זה מראה, איך בכל דור – המדידה נמסרה לידי ה"אומנים" של אותו זמן. בדורות הראשונים – אומני החבל, אנשי השדה. בדורות המאוחרים – בעלי חכמת הגיאומטריה. ובדורנו – בעלי המפות והמכשירים. התורה עצמה לא השתנתה, תחום שבת הוא תמיד אלפים אמה, אלא שצורת המדידה מתפתחת כפי התפתחות כלי המדידה שבידי בני האדם.

לא לחינם נכתבו ספרים מיוחדים, כמו *בירורי המידות*, שבהם השתמשו כבר בחכמת התשבורות ובשיטות גיאומטריות מדויקות כדי ליישב את מדידות התחומין. וכך רואים לעין – ככל שחכמת המדידה בעולם התפתחה, כן נמשכה גם לתוך ההלכה, להקל ולברר את הדברים על פי אמת.

פרק ג: שעות היום – מן ערב ובקר עד דקות ושניות

במקרא לא מצינו כלל חלוקה של היממה לשעות. לשון התורה היא גסה ופשוטה: ערב, בקר, צהרים, חצות. כך נמדד הזמן בימים ההם – לפי הופעת האור והחושך, לפי מצב השמש בשמים. הכל היה בלשון עגולה, כללית, בלא מספרים.

בימי חז"ל נכנסה כבר לשון "שעות". ביום חילקו את הזמן לשנים עשר חלקים – "שעות זמניות". השעות לא היו קבועות כשעוננו, אלא מתארכות בקיץ ומתקצרות בחורף, הכל לפי מהלך החמה. אבל בלילה עדיין לא נהגו בלשון שעות, אלא באשמורות, כדרכם של בני אדם – לפי קולות הטבע והחיים שסביבותיהם. היו אומרים: בתחילת הלילה נובחים הכלבים, באמצע הלילה צועקים התרנגולים, ולפי זה חילקו את הלילה לשלש אשמורות. נמצא שהיום נמדד בחלוקת שעות, והלילה – לפי סדרי הבריאה וחיותה.

ועם כל זה, גם בימי חז"ל לא היה לאדם הפשוט כלים לדעת בדיוק את השעה. לא כל אחד החזיק שעון שמשי, וגם מי שהחזיקו – היה צריך בקיאות רבה להעמידו במקומו ולדעת לקרוא בו. ולכן מצינו בגמרא "אדם טועה בשעות" (ברכות ט:). כלומר, המציאות לא נתנה לאדם דיוק, אלא קרוב בלבד.

במשך הדורות התפתחו כלי המדידה של הזמן. בחז"ל כבר נתנו זמנים לפי שיעור הליכה – "שיעור מיל", "שיעור פרסה". הזמן הוגדר לפי כמה אדם הולך. בזה קבעו להלכה שיעורים – זמן קריאת שמע, זמן תפילה, שיעור סעודה – כולם נקבעו לפי הליכה. ואחר כך הראשונים נתנו לזה חשבון מדויק יותר – כמה דקות היא הליכת מיל. בזה רואים שככל שהעולם החולין חידד את מדידות הזמן, כך גם ההלכה הלכה והגדירה אותו ביתר דיוק.

עד שבאו השעונים המכניים – והזמן נעשה קבוע ומוחלט. שעה היא תמיד שישים דקות, ולא משנה אם יום ארוך או קצר. מכאן נשתנה כל ציור הזמן:

מה שהיה אצל המקרא ערב ובוקר, אצל חז"ל שעות זמניות ואשמורות של בעלי חיים, נעשה בדורות האחרונים דקות ושניות מתמטיות, שוות בכל יום ובכל לילה.

הרי לפנינו ציור ברור איך העולם נשתנה: מן ההרגשה הטבעית של ערב ובקר, דרך חלוקות חז"ל – שעות זמניות ואשמורות – עד למדידה המדויקת של דקות ושניות. התורה נשארה בשיעוריה, אלא שהעולם הלך והתרחק מההרגשה החיה של הזמן, ונכנס כולו תחת ריבוע המדידה הקבועה.

פרק ד: מידות המשקל בחז״ל והשתנותן בלשון העולם

כשם שבשיעורי אכילה ותחומין מצאנו שהמדידה היתה טבעית ופשוטה, כך גם במידות המשקל. בחז״ל נזכרו שמות שהיו מוכרים לכל אחד, והיו חלק מן המסחר היומיומי.

ליטרא –בחז״ל הליטרא היא משקל רומי. בערך שליש קילו, קרוב ל־327 גרם, אף שבכמה מקומות היתה כבדה יותר. הליטרא היתה ידועה לכול, וכשחז״ל אמרו "ליטרא בשר" או "ליטרא דבש", לא היה בזה שום חידוש – זה היה שיעור השוק המוסכם.

אונקיה – **(uncia)** אחד חלקי שנים עשר מליטרא. ברומא היתה בערך 27 גרם. בימי הביניים עלתה לכ־31 גרם. היום, באנגליה ובאמריקה, אונקיה רגילה היא 28.3 גרם, אבל אונקיה טרוי (לזהב וכסף) – 31 גרם. נמצא שהשם נשאר, אבל התוכן משתנה מדור לדור.

פונד – **(pound)** במקורו היה משקל רומי של 12 אונקיות. בימינו – הפונד האנגלי הוא 16 אונקיות (453 גרם). נמצא ששוב, השם נשאר, אבל המשקל השתנה.

ליטר –בלשון חז״ל "ליטרא" היא משקל, אבל בלשון העולם המודרני "ליטר" הוא כבר מידה לנפח – 1000 סמ״ק. שינוי מעניין: שם קדום שהצביע על משקל, נהפך להיות שם של נפח.

קילוגרם –מדידה חדשה לגמרי, מן המאות האחרונות. לא שיעור טבעי שהכירו בו בני אדם, אלא מידה שנבנתה על פי קבועי הפיזיקה. קילוגרם הוא אלף גרם, והגרם עצמו נקבע ביחס למטר ולליטר. כאן כבר אין חיבור לחיי היום־יום אלא חשבון מופשט של מדענים.

נמצא, שכל אלו – ליטרא, אונקיה, פונד, ליטר – שמות ישנים, אבל בכל דור ובכל ארץ שינו את תוכנם. השם נשאר, והכמות השתנתה. וזה מורה עד כמה המדידה היא שפה אנושית מתפתחת, לא אמת מוחלטת. התורה עצמה – כשהזכירה שמות כאלו – הלכה תמיד אחרי מה שהיה מצוי בימיהם, כמו "שקל" ו"איפה". אבל העולם – הלך והחליף את משמעות המידות, והפכן ללשונות חדשות.

וכך רואים בעליל: מה שהיה פעם שפה פשוטה וברורה לכל סוחר ואשה בשוק, נעשה היום ענין של מעבדה, של פיזיקה. מדידה הלכה והתרחקה מן ההרגשה, ונכנסה לעולם של נוסחאות ומספרים.

פרק ה: איך נשתנה העולם במידות התורה

כשהתורה ניתנה, כל לשון השיעורים שבה הייתה שפה טבעית של בני אדם. כשאמרו כזית – כל אחד ידע. כשאמרו כביצה – כל ילד ראה ביצת תרנגולת בידו. כשאמרו רביעית – היה זה כלי נוזלים קטן המצוי בכל בית. כשאמרו תחום שבת – כל אחד ידע כמה הוא אלפים אמה, כי אמה הייתה אמת יד, וההליכה נמדדה בצעד ממשי. כשאמרו שעה זמנית – כל אחד הרגיש בשמש, ידע היכן היא עומדת. השפה הייתה חיה, טבעית, חלק בלתי נפרד מן החיים.

אבל במשך הדורות נשתנה העולם. לשון המדידה של בני אדם השתנתה, וכל המידות הללו – כזית, כביצה, רביעית, תחום, שעה – נעשו זרות. היום אין אדם אוחז זית בידו, אלא מחשב כמה גרם יש בו. ביצה אינה שיעור אלא משקל על מאזניים. רביעית אינה כלי מוכר, אלא מספר מדויק של מיליליטרים. תחום שבת אינו תלוי בצעדים, אלא במפה מודפסת או במכשיר GPS. שעה אינה משתנה לפי אורך היום, אלא קבועה של שישים דקות בדיוק.

נמצא, שהתורה נשארה באותם שיעורים, אבל העולם התרחק מהם. התורה מדברת בלשון בני אדם של פעם, ואנחנו חיים בלשון בני אדם של היום. על כן כל דור צריך לחשב מחדש – כמה גרם הוא כזית, כמה סמ"ק הוא רביעית, כמה מטר היא אמה. נעשו לנו חשבונות הלכתיים, טבלאות, ספרים שלמים שמודדים את המידות.

זה עצמו מגלה את שינוי פני העולם. פעם התורה לא הייתה צריכה חישובים – כל מידה הייתה טבעית, חלק מהחיים. היום צריך עמל שלם להחזיר את אותה מידה לחיים.

ובזה מתבאר גם ההבדל המהותי: אז, כשהעולם חי עם המידות האלה, היה חיבור פשוט בין התורה למציאות. היום, כשהעולם עבר לשפת המדידות המדויקות והחדשות, התורה נשארה בשיעוריה, והאדם צריך לגשר. הוא חי בלשון "גרמים, ליטרים, קילומטרים", ותורתו מחייבת אותו בלשון "כזית, כביצה, תחום שבת."

ועל זה עומד הספר כולו – "איך נשתנה העולם". להבין היטב את ההבדל, לדעת שהתורה ניתנה בשפה של חיי אדם, ואנחנו צריכים ללמוד מחדש את השפה ההיא, כדי לקיים את התורה כנתינתה.

סיכום שער תשיעי – מדידה בתורה

בשער זה ראינו חמשה פרקים תורניים, שכל אחד מהם מגלה פנים אחרות בשינוי המדידה בין ימי חז"ל ובין ימינו:

בפרק הראשון עסקנו בשיעורי אכילה ושתייה – כזית, כביצה, רביעית, עשירית האיפה, הין ושקל. אז היו אלו שיעורים טבעיים, מוכרים לכל בר בי רב, וכל אדם חי בהם בפשטות. כהיום – כל אלו נהפכו לחשבונות מתמטיים, גרמים וסמ"ק, והקשר הפשוט אבד.

בפרק השני עמדנו על מדידת תחומין. אז – חבל של חמישים אמה ביד האומנים, טורח רב בהר, מדידה חוזרת ונשנית בכל קטע. כהיום – מפות, קני מידה, GPS, וכל המדידה נעשית כהרף עין, ואף משלבת חשבונות גיאומטריים בספרים מיוחדים.

בפרק השלישי דיברנו על שעות היום. בתנ"ך – ערב, בקר, צהרים; בחז"ל – שעות זמניות ביום ואשמורות בלילה לפי קולות החיים. ובמשך הדורות – הליכת מילים, עד שחישבום לדקות, ועד שעון מכני שהעמיד את השעה תמיד על שישים דקות. הזמן עבר מן הפשטות אל המכניות.

בפרק הרביעי הבאנו את מידות המשקל – ליטרא, אונקיה, פונד – וכיצד השתנו משמעותן במשך הדורות. מה שהיה משקל נעשה נפח, מה שהיה אונקיה של 27 גרם נעשה 31 גרם, עד הקילוגרם המדעי של דורנו. שם אחד, שיעורים שונים, וזה עצמו מגלה איך המדידה היא שפה מתחלפת לפי הדורות.

בפרק החמישי הראינו את כללות הענין – ששיעורי התורה כולם היו לשון בני אדם בזמנם, חלק מהחיים. היום הם נהיו זרים לשפתנו, וצריכים אנו להחזירם ע"י חישובים, טבלאות וספרים. התורה לא השתנתה – העולם השתנה, ועלינו לחיות את התורה בשפתה ולתרגמה לשפת זמננו.

וזהו סוד התורה הנצחית: היא נשארת לעולם עם שיעוריה, עם כזית וכביצה, עם תחום של אלפים אמה, עם שעות זמניות. אבל העולם הולך ונעשה מדוד יותר ויותר, בשפות חדשות של מטרים, ליטרים, קילוגרמים ודקות. ובין שני העולמות האלו אנחנו עומדים – ללמוד להרגיש את התורה כפי שנתנה, ומתוך כך להכיר גם בשינוי העולם ולהכניסו תחת עול התורה.

והפנימיות בזה: התורה ניתנה בלשון המדידה שהיתה בידי בני אדם אז, כדי שלא תהיה זרה להם. והיום, כשהמדידה התרחקה עד שנעשית מתמטית וקרה, החובה שלנו להחיות מחדש את חיות השיעורים הפשוטים, ולהיות גם מעבר למדידה – לדעת למדוד כשצריך, ולדעת גם לעמוד לפני השם יתברך בלי שום מדידה, בהרגש העיגול והאין־סוף.

שער עשירי: מדידת ההעדר – חיבור האדם אל חייו

מבוא לשער עשירי – מדידת ההעדר

כל השערים עד כאן עסקו במדידות העולם – במזון ובמשקה, באדמה ובחקלאות, במלאכה ובתעשייה, בכסף ובחברה, בזמן ובמרחב. כולן היו מדידות של מציאות חיובית: כמה יש, כמה אורך, כמה משקל, כמה זמן, כמה מרחק. אבל יש מדידה עמוקה יותר, שאינה מודדת את הדבר עצמו אלא את החיבור של האדם אל הדבר, וזו נמדדת דווקא בהעדר שקדם לו.

כשאדם אוכל, אפשר למדוד כמה הוא שבע על פי הכמות שאכל, אבל כמה הוא מחובר אל האכילה – זה נמדד בכמה רעב היה קודם. ככל שהרעב היה גדול יותר, כך ההתקשרות של האדם אל האכילה נעשית עמוקה יותר. לא כמות המאכל היא שקובעת את חווייתו, אלא עומק ההעדר שקדם לה.

כך גם בלימוד תורה – אפשר לספור שעות, אפשר למדוד דפים, אבל החיבור הפנימי של אדם אל הלימוד ניכר רק מתוך הצמאון שלפניו. מי שחי בלי תורה ומרגיש חסרון נורא, כשהוא זוכה לפתוח גמרא אחת – כל חיותו נתפסת שם. התורה עצמה היא אותה תורה, אבל ההתחברות נמדדת במידת ההעדר שקדם לה.

בתפילה עוד יותר בולט הדבר. אדם יכול להתפלל את אותן מילים בכל יום, אבל חיבורו אל התפילה נמדד לפי כמה ריקנות הרגיש קודם, כמה צרה נגעה בו, כמה היה חסר לו. לפעמים מילה אחת של תפילה מתוך עומק העדר קודמת, שווה לאלף מילים של תפילה של הרגל.

וכן ביחסי בני אדם – אהבה בין חברים, בין איש לאשתו, בין הורים לילדים. עצמת החיבור לא נמדדת בכמות המילים היפות או המתנות הניתנות, אלא בכמה היה חסר מקודם, כמה בדידות היתה קודם, כמה צמאון לנגיעה אנושית. אהבה של אדם שבא מתוך העדר, היא מדודה במידה אחרת לגמרי.

מדידה זו של ההעדר מגלה צד פנימי מאוד: כל חיבור אמיתי נבנה מתוך חסרון. אילולא היה קודם ריק, לא היה מקום להתמלא. זו מדידה הפוכה מכל מדידות העולם – כל המדידות בודקות כמה יש, וכאן המדידה בודקת כמה לא היה. דווקא זה מראה כמה האדם באמת מחובר.

יש לקרוא למדידה זו "מדידת ההעדר". היא אינה שייכת לכלי הברזל או למאזניים, אינה נמדדת במכשירים של מדע, אלא היא שייכת לכלי הנפש, לרגש הפנימי, לזכרון של מה שהיה חסר.

ובזה ניכר ההבדל שבין העולם החיצון לעולם הפנימי. העולם החיצון רושם מספרים: כמה אכלת, כמה למדת, כמה עבדת. אבל העולם הפנימי מודד כמה היה חסר לך מקודם, וכמה זה מלא את לבך.

אפשר לומר שזו המדידה היחידה שאין לה סוף, כי ההעדר יכול להיות אין סופי, והחיבור שלאחריו גם הוא אין סופי. כאן נפתח שער שאין המדידה סוגרת את הדבר למספר קבוע, אלא המדידה עצמה פותחת את הלב לראות כמה אפשר עוד להתקשר.

פרק ראשון: ממדידה כרוחניות למדידה כגשמיות

כמעט כל דבר בעולם עבר מסלול אחד דומה. בתחילתו היה נחשב לרוחניות שאין לה תפיסה, לא היה ניתן לאחוז בו, והאדם עמד לפניו ביראה ובהרגשה שאין לו שליטה עליו. ורק לאחר זמן, כאשר נמצאו הכלים והדרכים למדוד

אותו, נתגשם הדבר ונעשה חלק ממערכת החשבונות והמלאכות שבידי האדם. זהו מהלך גדול בהיסטוריה של המדידה.

הזמן למשל, קודם שהיה שעון מסודר, נחשב כדבר רוחני. אדם הביט לשמים, ראה את זריחת החמה ושקיעתה, וידע שעבר יום. הירח נתן לו מדידה כללית של חודשים, ומחזורי השנה נמדדו בחקלאות ובטבע. הזמן לא היה מספרים, אלא תחושה של זרימה. רק לאחר מכן נתגשם על ידי כלים: שעון שמש, שעון חול, שעון מים, עד לשעונים מכניים ואטומיים. מה שהיה קודם תחושה רוחנית נעשה לגשמיות מדודה.

האור גם כן היה כך. בזמן קדום נחשב האור ליסוד אלוקי, ל"יהי אור" שאין לו מידה. אחר כך התחילו למדוד – אורך נר, עוצמת לפיד, אור כוכבים, עד שהגיעו ללומן ולקנדלה. וכך הקול, שבתחילה היה נחשב כחוויה פנימית של נפש האדם, נמדד אחר כך בגלים ובדציבלים.

המכנה המשותף לכל אלו הוא: ברגע שאין כלי למדוד, הדבר עומד ברוחניות. ברגע שנמצא כלי מדידה, נעשה הדבר לגשמיות.

וזה ממש יסוד החידוש כאן – מדידת האיכות, החיבור של האדם למעשהו. עד עכשיו היה נחשב כרוחניות בלבד. כל אחד מרגיש שיש הבדל עצום בין אדם שאוכל מתוך תיאבון ורצון לבין מי שאוכל בלי חיות, אבל אי אפשר לאחוז בזה. כעת מתברר שאפשר למדוד את האיכות מתוך מה שקדם לה. דוקא ההעדר הקודם מורה על מידת ההתחברות. אם היה קודם רעב – נמדד מתוך עוצמת ההעדר כמה עזה תהיה חווית האכילה. אם היה קודם צמא – עוצמת ההעדר מראה כמה הוא מחובר אל השתיה.

בזה יוצא שגם האיכות, שנחשבה תמיד לרוחניות, מקבלת כלי מדידה. מהלך זה מציב אותה כחלק מן הגשמיות, מן המספר והמדידה, כמו כל שאר הדברים שעברו את המעבר הגדול מרוחניות לגשמיות.

והנה כאן אפשר להרגיש שיש עוד פתחי מדידות שעדיין נחשבים כרוחניים אצל בני אדם – מדידת שמחה, מדידת חום פנימי של לב, מדידת רצון, מדידת יראה – שכולם עתידים אולי להתגלות להם כלים להימדד בגשמיות, כשם שהיה בכל תחום עד כה.

פרק שני: מדידת רגשות – מהאפשרות העתידית ועד ראשיתה בחיי אדם

הרגשות של האדם תמיד נחשבו לבלתי נמדדים. אי אפשר להניח סרגל על השמחה ולומר כמה היא, ואי אפשר לשקול במאזניים את מידת היראה או האהבה. רגשות הם עניינים פנימיים, נסתרים, שכל אחד מרגיש בלבו ואינו יכול להעבירם לאחר אלא דרך דיבור וסימנים. ולכן עד היום רוב בני אדם חשבו אותם לדברים שאין להם מדידה כלל, אלא הם שייכים לעולם הרוח בלבד.

אבל באמת, אם נביט היטב, נמצא שכבר כיום יש התחלה של מדידה גם בזה. השמחה ניכרת בתנועות הגוף, בקול, בקצב הלב, בברק העיניים. היראה ניכרת ברעד, בהסתגרות, בכיווץ הגוף. אהבה ניכרת במסירות, ברצון קרוב, במאמץ שנותן האדם שלא על מנת לקבל. כל אלו הם סימנים גשמיים שהגוף מגלה כאשר הנפש מתעוררת ברגש מסוים. הרי שגם בלי כלים של מדע, האדם עצמו יודע למדוד רגשות של חבירו מתוך הופעתם החיצונית.

והמדע בימינו מתחיל להפוך זאת למדידות גשמיות ממש. קצב לב ומחזור דם, לחץ דם, גלי מוח, תנועת עיניים – כל אלו נעשים למדדים שבהם מנסים לתפוס משהו מעומק הרגש. אמנם זה עדיין רחוק מלמדוד את עצם השמחה או עצם האהבה, אבל זהו כבר התחלה של הפיכת הרגש לכלי מדידה.

ומבחינת החיים עצמם – כל אדם כבר מודד רגשות כל ימיו. כשאדם אומר "אני שמח מאוד" או "אני קצת דואג", הרי הוא קובע מידה, אפילו בלי מספר. הוא יודע להשוות – יותר או פחות, גבוה או נמוך. ההשוואה הזו היא כבר ראשית המדידה. כך שכל המערכת הפנימית של רגשות האדם מתנהלת כל הזמן בתוך מיני־מדידות.

נמצא, שכשם שכל תחום בעולם עבר מהלך מ"רוחניות" שאין לה מדידה ל"גשמיות" עם כלי מדידה, כך גם הרגשות. בתחילה נחשבו כעולם שאין לו שום תפיסה של מספר, ולאט לאט ניכר בהם שאפשר למדוד גם אותם – אם לא במספרים מדויקים, הרי לפחות במדרגות, בהשוואות, בסימנים חיצוניים. וייתכן שיבוא יום והמדידה הזו תהפוך לכלי מסודר ממש, כמו שהיה עם הזמן, עם החום, עם הקול והאור.

פרק שלישי: מדידת בריאות הנפש – שיעור עמידת האדם עם עצמו ועם זולתו

בריאות הנפש איננה ניכרת רק בכח המחשבה או בהצלחת המעשים, אלא גם בכח העמידה של האדם בתוך עצמו ועם סביבתו. כל אדם צריך לידע עד כמה הוא יכול להיות עם עצמו לבדו בלא שיחשך לו עולמו, ועד כמה הוא יכול להיות עם חברו מבלי שיתפרק או יסתגר. כאן מונחת מידה עמוקה של חיות הנפש, שהיא עצם בריאותו הפנימית.

יש אדם שיכול לשבת שעות עם עצמו, לקרוא, לחשוב, לדבר בלבו עם קונו, והוא חי עם עצמו בטוב. ויש אדם שאם ישהה רגע אחד לבדו – מיד ירגיש ריקנות ופחד. זהו מדד אחד של חיות פנימית. אם האדם בריא בנפשו, הוא יכול לשאת את עצמו, כי יש לו עולם מלא בתוכו. ואם הוא חלוש, קשה לו לעמוד עם עצמו, כי כל פנימיותו דלה.

וכן יש מדידה אחרת – כמה זמן יכול האדם לשהות עם השני. יש מי שיכול להיות במחיצת חברו זמן מרובה, לשאת את דיבורו ותנועותיו, ולהישאר בשלווה פנימית. ויש מי שאחר כמה דקות כבר נסתם עליו ליבו, ואינו יכול לשאת את קרבת הזולת. זה מדד אחר לבריאות הנפש – יכולת ההכלה של האחר.

ובזה יש חלוקות נוספות: עם מי שהכיר מקודם – עד כמה יכול להחזיק עמו בקשר רצוף; ועם מי שהוא חדש לגמרי – עד כמה יכול לסבול את הזרות ולאט לאט להתרגל. יש בני אדם שבקל מתרגלים לחדש, ויש שמיד נחנקים ממנו. ויש בני אדם שאדרבה, עם חדש קל להם יותר, ודווקא עם מכיריהם קשה להם לשאת לאורך זמן.

כל אלו הם מדידות של בריאת הנפש. הן אינן מדידות של מספרים מדויקים, אלא של שיעורים בזמן – "כמה זמן יכול" – שהוא המודד האמיתי של סיבולת הנפש.

ונמצא שהבריאות הנפשית ניכרת בשני פנים: בכח ההתבודדות, כמה יכול לשאת את עצמו, ובכח ההתקשרות, כמה יכול לשאת את חברו. ומי ששניהם מצויים בו במידה שוה, זהו אדם בריא באמת – שיש לו עולם פנימי מלא, ויחד עם זה פתיחות וחיבור לעולם החיצוני.

פרק רביעי: מדידת פתיחת הנפש – בין דיבור סגור לדיבור פתוח

יש מדידה חדשה בנפש האדם שאפשר לקרוא לה מדידת פתיחת הנפש. אין המדובר כאן בפתיחת שערי שכל, ולא בעצם רצון הלב, אלא בנוסח הדיבור, בקצב שבו יוצא הדיבור מן האדם. הדיבור הוא כמו חלון של הנפש – עד כמה שהוא פתוח, כך נראה כמה אור יוצא החוצה, ועד כמה שהוא סגור, כך ניכר הצמצום.

יש בני אדם שנוסח דיבורם מדוד וקצר. כל מילה נשקלת, יוצאת רק לאחר מחשבה רבה, ובדרך כלל אין הרבה ריבוי של מלים. זה סימן על סגירות, או לכל הפחות על מידת זהירות שמביאה עמה סגירות. ויש בני אדם שדיבורם שוטף, כל מה שעולה על רוחם יוצא, מבלי לסנן יותר מדי, והם שופכים מלים על ימין ועל שמאל. זה סימן על פתיחת הנפש.

והנה אפשר לחלק את זה בסולם אחד עד עשר. מי שהוא בקצה האחד – סגור לגמרי, אינו מדבר אלא במשורה, וכל מילה אצלו קפואה ומצומצמת. זה דרגה אחת או שתים. מי שהוא באמצע – יש לו איזון, יודע לספר ולפרט כשצריך, ויודע גם לשתוק בשעת הצורך. זה דרגה חמש או שש. ומי שהוא בקצה הפתוח ביותר – כל דיבור עולה ויוצא, הכל נשפך בקלות, בלי גבולות ובלי סינון. זה דרגה תשע או עשר.

אבל צריך להבין שאין זה מדד של מעלה או חסרון בלבד. כי יש מעלה בזהירות וסגירות – שנשמר הדיבור, ואינו יוצא לבטלה. ויש מעלה בפתיחת הנפש – שהלב גלוי, ואין סוד ואין חציצה. אלא שהמדידה מורה עד כמה הנפש פתוחה או סגורה, ומהי צורתה.

ובזה אפשר לראות מציאות הנפש עצמה. אדם שהדיבור שלו בא בקצב ישר, בזרימה מתונה, זה סימן שהנפש פתוחה במידה מתוקנת. אבל אם דיבורו פרוץ לגמרי – זה מורה על פיזור פנימי. ואם דיבורו עצור לגמרי – זה מורה על כיווץ פנימי.

ונמצא שהמדידה הזו היא לא במספר המילים בלבד, אלא בקצב הדיבור, בסגנון שלו, ובאופן השטף. כך אפשר למדוד "כמה פתוח" וכמה "סגור" האדם בנפשו, לא על פי תוכן הדברים, אלא על פי הדרך שבה הדברים יוצאים החוצה.

פרק חמישי: מדידת פתיחת הנפש על פי תוכן הדיבור

המדידה של פתיחת הנפש אינה ניכרת רק מן הקצב של הדיבור, אלא גם מן החומר שבו הדיבור עוסק. כי יש אדם שדיבורו מלא עניינים רחוקים ממנו, דברים גבוהים, פילוסופיות, חלומות ומושגים שאין לו בהם אחיזה ממשית. ויש אדם שכל דיבורו בא מן הקרוב אליו – מן חייו, ממחשבותיו הקרובות, מן מה שהוא רואה ושומע עכשיו. בזה ניכר עד כמה הנפש שלו פתוחה או סגורה.

אדם שמדבר מדברים רחוקים, מה שאין לו בהם אחיזה בפועל, פעמים שזה מורה על סגירות פנימית. כי אינו יכול לחשוף את מה שבאמת קרוב לו, את מה שהוא חי בו, ולכך בורח לדבר על מושגים כלליים, על גבוהים, על נושאים מופשטים. הלב סגור, ועל כן הוא מבקש חומרים מרוחקים. ואילו אדם שמדבר מן הקרוב, מן מה שעובר עליו, מן החוויות שלו, מן המציאות הקטנה של חייו – זה מורה על פתיחת הנפש. כי הוא אינו ירא מלגלות את עולמו, את תוכו, את מה שהוא חי בו באמת.

ועל פי זה אפשר למדוד בסולם:

בדרגה הנמוכה – דיבור שהוא כולו מופשט, אין בו אחיזה, אין בו ממשות, הכל רעיונות נעלים שאינם נוגעים אל הדובר. זה סימן לסגירות. בדרגה האמצעית – יש עירוב, לפעמים מדבר מן עצמו ולפעמים מן הגבוה. ובדרגה הגבוהה – כל דיבורו מן הקרוב אליו, פשוט, חי, ממשי. זה סימן לפתיחת הנפש במידה של אמת.

אין הכוונה בזה לזלזל בדיבורים גבוהים, חלילה. שהרי צריכים לדבר גם בענייני תורה וחכמה, ואדרבה אלו הם חיים. אלא שהשאלה היא אם הדיבור גבוה הוא בא ממקום פנימי שהנפש חיה בו, או שהוא רק לבוש שנלקח מבחוץ. אם הגבוה מחובר לנפש – הרי זה פתיחה בעצמה. ואם הגבוה רק רחוק ואינו נוגע – זה סגירה, מפני שאין האדם מוכן לגלות את מה שבאמת חי בו.

ומכאן נלמד שמדידת הפתיחה והסגירה של הנפש בתוכן הדיבור אינה בוחנת את הגובה מצד עצמו, אלא את הקרבה שבין הדיבור ובין נפש האדם. ככל שהדיבור קרוב יותר אל חייו – הרי זו פתיחת הנפש. ככל שהוא מתרחק מן הקרוב – הרי זו סגירה.

פרק שישי: מדידת חכמת האדם – יחס הכללים והפרטים

חכמת האדם אינה ניכרת רק בריבוי הידיעות שבפיו, אלא בעיקר בצורת הדיבור שלו. אפשר למדוד את מדרגת החכמה על פי היחס שהוא נותן בין הכללים והיסודות ובין הפרטים המעשיים.

יש אדם שכל דיבורו מן הפרטים. מספר עובדות, מספר סיפורים, מציין מקרים. אבל אין בזה קשר לכלל, אין בו מסגרת. דבריו מפוזרים ואינם עומדים על יסוד. זה מורה על חסרון בחכמה, כי החכמה אינה רק לדעת פרטים, אלא לדעת איך כל פרט נכלל בתוך כלל.

ויש אדם שכל דיבורו מן הכללים. הוא מדבר על יסודות, על עקרונות, על רעיונות כלליים. אבל חסר בו ההתקשרות לפרטים. אין הוא יודע להראות איך הכלל יורד לתוך החיים, ואיך הוא מתגשם בדבר קטן. זה מורה על חסרון אחר – שהכללים שלו עומדים באוויר, מנותקים מן המציאות.

אבל מדרגת החכמה השלמה – היא כאשר יש קשר בין הכללים ובין הפרטים. שהאדם מדבר מן הפרטים, אבל מראה איך כל פרט נמשך מתוך כלל. וכשהוא מדבר מן הכלל – מיד הוא יורד ומראה איך זה נוגע בפרט. זהו סימן של חכמה שלמה, שהיא כוללת הן את השורש והן את הענפים, ומחברת ביניהם.

ועל פי זה אפשר לעשות מדידה:

בדרגה הנמוכה – דיבור של פרטים מפוזרים, בלי כלל מחבר. בדרגה הבינונית – דיבור של כללים מופשטים, בלי קשר לפרטים. בדרגה הגבוהה – דיבור של חכמה מחוברת, כללים ופרטים הולכים יחד, הכלל מאיר את הפרט, והפרט מאיר את הכלל.

וכך נבחן האדם, כמה פרטים יש לו בלי קשר, כמה כללים יש לו בלי ירידה, וכמה הכללים והפרטים אצלו מחוברים. ככל שיש יותר חיבור – הרי זו חכמה אמיתית.

ויש בכל זה משום חידוש גדול בעולם המדע.: במדע עד היום כל המדידות נסובו על גשמיות: אורך, משקל, זמן, כוח, אנרגיה, תנועה. כל מה שיכול להיכנס לכלי, למכשיר, למד-ע. אפילו במדעי החברה, כשהתחילו למדוד רגשות או מצבי נפש, לא היה זה אלא דרך שאלונים סטטיסטיים, אחוזי תשובות, מספרי דגימות. תמיד המדידה נסבה על דבר חיצוני הניתן לרישום.

מה נשתבאר – מדידת חיבור האדם למה שהוא עושה, מדידת בריאות הנפש לפי כמה זמן הוא יכול לשהות עם עצמו או עם זולתו, מדידת פתיחות הנפש מתוך צורת הדיבור ותוכנו, ומדידת החכמה לפי היחס בין כללים לפרטים – כל אלו הן מדידות של איכות פנימית. לא מספרי חיצוני, אלא יחס פנימי.

זה חידוש, להפוך את האיכות עצמה לכלי מדידה. כלומר, המדידה אינה עוד דבר חיצוני לגמרי (כמו משקל או מהירות), אלא שאלה: כמה מקום פנוי יש לאדם לקבל, כמה יכולתו להיות עם עצמו, כמה דבריו קרובים לנפשו, כמה כללו ופרטיו מחוברים.

במדע החול, כל מה שאינו ניתן להמרה ליחידות מספריות – כמעט אינו נחשב למדידה. וכאן יצא לנו מדידה אחרת, שאינה מתבצעת במכשיר, אלא בהסתכלות פנימית, בהקשבה, בהשוואה. בזה מקרבים את המדידה אל תחום של רגש, של רוח, של נפש.

נפתח דלת אל "מדידות איכות – Quality Metrics" – לא במדעי החברה במובן חיצוני־סטטיסטי, אלא במובן של נפש האדם, עומקה וקרבתה אל עצמה ואל זולתה.

ובזה יש לנו "מדד למימד הסובייקטיבי". לא רק מה שהאדם עושה, אלא איך הוא חי את מה שעושה. לא רק כמה פרטים יש לו, אלא כמה הם קשורים אל כללים. לא רק כמה זמן עבר, אלא כמה זמן הנפש יכולה לשאת את עצמה.

בעולם כבר יש ניסיונות כאלה – יש "מדד האושר הלאומי" בבוטאן, או "מדדי איכות חיים" באו״ם – אבל כולם מודדים מבחוץ: כמה כסף, כמה שנות חיים, כמה בריאות, כמה חינוך. אין בהם מדידה פנימית ממשית של הנפש.

עכשיו יש לנו מהלך למדידה פנימית, "מדד חיות הנפש", "מדד איכות החיים הפנימית". המדד הזה לא ישאל כמה כסף או כמה רכוש, אלא כמה האדם מרגיש חיבור למה שעושה, כמה יש לו פתיחות בדיבורו, כמה זמן הוא יכול להיות עם עצמו בלי לברוח, כמה הוא מחובר לכללים או נשאב לפרטים.

ויש למדד זה כמה שאלות פשוטות – שכל אדם ישיב עליהן – ומתוך זה יצא לו ציון כללי, לא של כסף או רכוש, אלא של איכות נפשית, ויתבאר בעזרת השם בספר נפרד לעצמו.

פרק שביעי: מדידת ערך – Evaluations

בעולם של מדידה, מקובל לחשוב תמיד על מספרים: משקל, גובה, זמן, מהירות. אך לא פחות מזה מתפתח מושג אחר – מדידת ערך. המדידה אינה בוחנת עוד כמה יש, אלא כמה שווה, כמה מועיל, כמה חשוב. בלשון חכמים אפשר לומר: לא מדידה של מציאות בלבד, אלא מדידה של משמעות.

המילה "וועליאעיטן (Evaluate / Evaluation)" פירושו לשום ערך, להעריך. זה לא רק למדוד מספר, אלא לשפוט את הערך של דבר, אם הוא חשוב או לא חשוב, אם הוא טוב או לא טוב, אם הוא מתאים או לא מתאים. המדידה כאן אינה רק של משקל וכמות, אלא של ערך ומשמעות.

יש בזה כמה סוגים עיקריים כהיום בעולם הכללי:

א **Evaluation**. **חינוכי** –בבתי ספר ואוניברסיטאות כל הזמן עושים הערכה, כמה התלמיד הבין, כמה התקדם, מה רמת הידיעה שלו. זה לא רק ציון מספרי, אלא גם דוחות של הערכה על אופי הלמידה, השתתפות, חשיבה.

ב **Evaluation**. **בעסקים** –בכל עסק ושוק מעריכים כל הזמן את שווי החברה, את ערך המניה, את כדאיות ההשקעה. זה נקרא Business Evaluationאו Valuation, ושם נכנסים מספרים, הכנסות, סיכונים, וצפי לעתיד.

ג **Evaluation**. **רפואי** –רופאים עושים הערכה של מצב החולה. לא רק לחץ דם או חום, אלא גם ההרגשה שלו, כושר התפקוד שלו, איכות החיים.

ד **Evaluation**. **חברתי־מדיני** –מוסדות מחקר מעריכים פרויקטים: האם תוכנית ממשלתית מצליחה, האם היא מועילה לאזרחים, האם כדאי להמשיך בה. זה מערב מספרים (סטטיסטיקה) עם שיקולים של ערך ותועלת.

ה **Evaluation**. **נפשי** –פסיכולוגים בוחנים מצב נפשי של אדם, עד כמה הוא פתוח, עד כמה הוא סגור, איך הוא מתפקד מול מצבים שונים. זה כבר קרוב למה שאתה הצעת – מדידה של איכות פנימית.

ו **Evaluation**. **טכנולוגי** –בכל חידוש טכנולוגי בוחנים את הערך שלו: האם באמת מועיל, האם יעיל, האם מתאים לציבור.

החידוש שלך, כמו שאמרת, הוא לקחת את כל ענין המדידה, ולהעבירו גם אל התחום הפנימי – למדוד עד כמה אדם מחובר למה שהוא עושה, עד כמה הנפש שלו פתוחה, עד כמה יש לו כח להיות עם עצמו או עם הזולת. זה באמת סוג של Evaluation, אבל באופן חדש, יותר פנימי ורוחני, שלא נמצא עד כה בצורה שיטתית.

סיכום שער שנים עשר – מדידת ההעדר

בכל השערים שלפני זה עסקנו במדידות חיוביות: אורך, משקל, נפח, זמן, מהירות, מרחק. תמיד עמד לפנינו דבר שישנו – והמדידה באה לגלותו ולדקדקו. אבל בשער זה נכנסנו אל פתח אחר: מדידת ההעדר. כי לא תמיד השיעור נמדד במה שיש, אלא פעמים רבות במה שחסר. לא כמה אכלת הוא הקובע את חוויית השובע, אלא כמה רעב היית קודם. לא כמה יש בידך, אלא כמה חסר לך הוא המוליד את תחושת הקניין.

כך בכל חיי האדם: במדידת הרגש – לא התוצאה לבדה היא המודדת, אלא הפער שבין מה שיכול היה להיות ובין מה שהיה בפועל. במדידת הנפש – ניכרת בריאותה לא רק ביכולת לפעול, אלא גם במידת עמידתה מול החסרונות והפערים שבתוכה. במדידת הדיבור – ניכרת פתיחת הנפש דווקא במה שהיה נעול תחילה, ומה שנפתח אחר כך. תמיד המדידה היא ביחס לעדר הקודם, ורק מתוך זה נמדד ערך המציאות.

ולכן נקרא שער זה "מדידת ההעדר": כי הוא מלמד שהאדם חי לא רק עם מה שיש בידו אלא עם מה שחסר לו, ודווקא ההעדר הוא שמחברו לחייו. בלי חסרון אין תנועה, בלי ריק אין מילוי, בלי הפסק אין הרגשה של המשך.

נמצא, שבסיום כל המדידות – משקל, נפח, זמן, מקום – מתגלה מדידה עמוקה יותר: מדידת הערך. לא הערך הנמדד בחפץ לבדו, אלא הערך הנמדד

ביחס לאדם, לחסרונותיו, לצרכיו, לתנועותיו הפנימיות. כאן נפתח פתח למדידה חדשה – מדידה של חיים.

וזה הסיום לכל השערים: המדידה התחילה בגוף, במזון, בטבע, בכלים ובמלאכות; נמשכה אל הזמן, אל התנועה, אל החברה והמשפטים; והגיעה לבסוף אל הנפש. וכל מה שנמדד בסופו של דבר מחזיר אותנו אל יסוד אחד: האדם אינו חי במספרים בלבד, אלא במספרים שנולדו מתוך חסרונותיו והשתוקקותו למילוי.

שער שלשה עשר: החכמה שבמדידה

מבוא לשער המדידה – שפה, חיבור וחכמה עליונה

כבר התבאר לנו בכל השערים הקודמים איך המדידה יורדת לפרטים שונים – משקל, אורך, זמן, כסף, אנרגיה, נפש וכיוצא בזה. אבל כל אלו אינם אלא ענפים, וכל ענף יונק מן השורש. השורש של המדידה הוא לא עוד כלי בין כלים, אלא הוא כח פנימי וגבוה, כח שהוא למעלה מכל חכמה פרטית.

כל חכמה עומדת לעצמה ואינה יודעת את חברתה, וכל מדע עוסק בתחומו בלא שייכות לשאר. רק המדידה היא שנותנת את היסוד המשותף, היא היא הלשון שמחברת, הגבול שמסדר, והסדר שמקיים. על כן ראוי לתת שער בפני עצמו למדידה בתור חכמה כוללת, כדי להבין מה היא עצם מהותה, ואיך נעשית יסוד לכל החכמות.

פרק ראשון: מדידת החכמות – נתינת גבולים לכל חכמה

כל חכמה שבעולם, יש לה שני פנים. יש עצם החכמה, שהוא מהות הדבר, עומק ההבנה וההשגה במהותה. ויש חלקי המדידה שבה, שהם הכלים ליתן לה גבולים, שיעורים ותחומים. עצם החכמה הוא כח אינסופי, כי השכל יכול להתרחב ולהעמיק בלי גבול, תמיד למצוא עוד ועוד נקודות והארות. אבל בלי מדידה, אין החכמה עומדת ביד האדם, היא פורחת ונשארת כענן שאין לו כלי לאסוף אותו.

על כן מצינו שכל חכמה לא ניתנה בשמים אלא אם כן מצאו לה מדידה. חשבון – אין בו ממש כל זמן שאין יודעים למנות מספרים ולחלקם. חכמת

המידות – גיאומטריה – היא בעצם חכמה על הצורות, אבל לא היה בה ממש עד שניתנה בה מדידה של אורך, רוחב, זויות ושטחים. חכמת התכונה – אסטרונומיה – לא היתה מתקיימת עד שניתנו מדידות של זמן, מעלה ודקות, מהלך הכוכבים וכדומה.

וזה סוד כל חכמה שבעולם: אי אפשר להשתמש בה באמת כל זמן שאין יודעים את גבולותיה. כי החכמה מצד עצמה אין לה גבול, והאדם מצד עצמו הוא מוגבל, ואינו יכול להכיל אינסוף. המדידה היא המחברת ביניהם, נותנת גבול טוב וקל שבו יכול האדם לאחוז את החכמה.

חז"ל כבר גילו לנו דבר זה באמרם על התורה: "עשה תורתך קבע" – דהיינו, גם בתורה שהיא חכמה אלוקית אין סופית, צריך ליתן לה גבול של קביעות, שיעור קבוע, סדר קבוע. רק אז נעשית החכמה חלק מן האדם.

נמצא שהמדידה אינה דבר צדדי, אלא היא עצם השימוש בחכמה. החכמה בלא מדידה היא אור גדול שאין לו כלי, והמדידה היא הכלי שמחזיק את האור. וכל זמן שאין האדם יודע את שיעור החכמה, אין לו ממש בידו. אבל כשנותן לה גבולים, אזי החכמה מתלבשת בו ונהפכת לחיותו.

פרק שני: המדידה – שפת החכמות

כל חכמה שבעולם אינה רק ענין של ידיעות מופשטות, אלא יש לה שפה פנימית שבה היא מתגלה ונמסרת. שפה זו אינה לשון דיבור בלבד, אלא היא צורת המדידה שבה נבנית החכמה.

כך למשל, חכמת החשבון אינה אלא שפת המספרים. ברגע שאדם יודע למנות, הוא כבר נכנס לעולם שלם של חשבון, חיבור וחיסור, כפל וחילוק. בלא מספרים אין חשבון כלל, אלא מחשבות סתומות שאין להם כלי. המספר הוא המדידה, והוא השפה.

בחכמת הגיאומטריה – השפה היא האורך, הרוחב והזווית. בלי מדידת הקו והצורה אין כאן גיאומטריה, אלא ציורים שאין להם גבול. ברגע שניתנה להם מדידה, נעשו הדברים לשפה מסודרת, שעל ידה אפשר ללמד, לחלוק, להקשות ולהבין.

כך גם חכמת התכונה – השפה שלה היא מעלות השמש והכוכבים, זמן המחזור, מהלך של ימי שנה ודקות השעה. בלא מדידות אלו אין חכמה מסודרת, אלא תיאורים בלבד. המדידה היא הלשון שעל ידה האדם מדבר עם השמים.

וכן בחכמות החדשות של דורנו, חכמת החשמל וחכמת האנרגיה – המדידה היא הוולט, האמפר, הוואט. אלו אינם רק מספרים חיצוניים, אלא הם עצם השפה שבה מדברת החכמה. כששומעים "זרם של כך וכך אמפר" – זהו משפט שלם בשפת החשמל.

וכן בכל החכמות: חכמת הגוף – מדברת בשפה של לחץ הדם, פעימות הלב, חום הגוף. חכמת הנפש – מדברת בשפה של יחסים, של תגובות, של זמן עמידה בפני התפעלות. החכמות נבדלות זו מזו לא רק בעצם עניינן, אלא בעיקר בשפת המדידה המיוחדת להן.

מכאן יוצא שהמדידה אינה דבר צדדי, אלא היא היא הלשון של החכמה. כשם שאין אפשרות לדבר בלשון אחרת בלי ללמוד תחילה את האותיות והמילים, כך אין אפשרות להשתמש בחכמה בלי לדעת תחילה את המדידה שלה. המדידה היא אותיות החכמה.

וזהו סוד עמוק: כל מדידה היא שפה, וכל שפה של חכמה מחזירה את האדם להכרה שיש לעולם גבולות וסדר. בלי המדידה נשאר הכל אור אין סוף שאין בו כלי, ועם המדידה נעשה האור שפה המדוברת בלב כל אדם.

פרק שלישי: המדידה – כלי של חיבור בין חכמות

כשמביטים בעין פשוטה נראה שכל חכמה עומדת בפני עצמה, ולכל אחת שפה אחרת. החשבון מדבר במספרים, הגיאומטריה מדברת בצורות, הפיסיקה מדברת בכוחות, והכימיה מדברת באטומים. אבל כשנעמיק נמצא שיש ביניהן קשר פנימי, והקשר הזה הוא שפת המדידה.

כך למשל, החשבון נותן מספרים, והגיאומטריה משתמשת בהם כדי למדוד קו, שטח ונפח. בלא מספרים לא היה מקום למדידת שטח, ובלא צורות לא היה מקום למספרים שקשורים למציאות. החשבון והגיאומטריה נראים כחכמות שונות, אבל שפת המדידה חיברה אותם.

כן הוא גם בפיסיקה ובכימיה. בפיסיקה מדברים על חום ולחץ, ובכימיה מדברים על תגובות של חומרים. אבל כשהתחילו למדוד את הלחץ והחום בדיוק, נמצא קשר פנימי בין שתי החכמות, עד שנולד תחום חדש – תרמודינמיקה – חכמה שלימה שנבנתה על גשר המדידה.

וכן נוכל לראות בכל מדע ומדע. חכמת הגוף וחכמת הנפש נראים כשני עולמות נפרדים: האחד מדבר על פעימות הלב, והשני מדבר על רגשות ותנועות פנימיות. אבל כשנכנסו כלי המדידה – דופק, לחץ דם, תגובות של זמן ועצבים – פתאום התברר שאפשר לחבר גוף ונפש תחת מערכת אחת.

זה עצמו מראה את הכח של המדידה. המדידה היא לא רק שפה פנימית של כל חכמה לעצמה, אלא היא גם תרגום בין חכמה לחכמה. היא מוציאה מכל אחת גבול ברור, ועל ידי הגבול היא פותחת שער של חיבור.

במבט עמוק יותר אפשר לומר שהעולם כולו נברא באותיות, כמו שנאמר "בדבר ה' שמים נעשו", והאותיות הן מדידות. כל אות יש לה גבול וצליל, וכל חכמה אינה אלא שילוב אותיות שלה. וכשם שהאותיות הן הכלי לחיבור אדם לחברו, כך המדידות הן הכלי לחיבור חכמה לחכמה.

ממילא יוצא שכל חכמה אינה שלימה לעצמה, אלא כשהיא פתוחה לשפה של החכמות האחרות. וכאשר המדידה באה ביניהן, נעשה העולם שלם יותר.

פרק רביעי: המדידה כחכמה עליונה

אם נתבונן יותר נראה שהמדידה איננה רק כלי טכני, ולא רק לשון שמתרגמת חכמה לחכמה. יש בה מהות עצמית, מעין חכמה עליונה, שמסדרת את כל החכמות כסדר אחד.

כל חכמה לעצמה מבקשת אמת. החשבון מבקש אמת במספרים, הגיאומטריה מבקשת אמת בצורות, הפיסיקה מבקשת אמת בכוחות, והכימיה מבקשת אמת בחומרים. אבל כל אמת כזו עומדת כאי נפרד. אין לה קשר אל האחרות, ואי אפשר לומר איזו חשובה יותר. אלא שכשהאדם בא עם כח המדידה, הוא נותן לכל חכמה גבול, והגבול הזה הופך אותה לחלק מתוך מערכת גדולה.

כך נולדת דרגה של חכמה כוללת, שהיא עצם ההכרה שהעולם אחד, וכל הפרטים שבו ניתנים למדידה. זה לא רק איסוף חכמות הרבה, אלא סדר אחד שמונח על גביהן, סדר של גבולות ומידות.

נמצא שהמדידה עצמה היא חכמה עליונה. היא לא חכמה של עוד פרט, אלא היא חכמה של סדר. כמו שנאמר במדרש "במידה ברא את העולם", הרי עצם הבריאה מיוסדת על מידות. כל נברא יש לו שיעור, וכל שיעורו קובע את מקומו בעולם. אילו היה חסר לו הגבול – לא היה לו מציאות כלל.

ממילא יוצא שהמדידה היא לא רק תוצאה מהחכמות, אלא היא יסוד שקדמה להן. היא כח שמונח עוד לפני כל חשבון וכל חכמה, והיא מאפשרת להן להיות קיימות. כל חכמה חיה מהמדידה שלה, ובלא מדידה – אין לה ממש.

ולכן כשנכנסים לעולם המדידה לא רק לומדים על גבולות, אלא עולים למדרגה של הסתכלות כוללת. האדם נעשה רואה שהעולם כולו עומד על סדר אחד, ושכל החכמות, על כל פיזורן, שייכות לשפה אחת של גבולות ומידות. בזה מתגלה שהמדידה אינה רק כלי, אלא היא עצם החכמה של סדר הבריאה.

סיכום שער שלשה עשר – החכמה שבמדידה

לאחר שהתבוננו בשלש מדרגות – המדידה כלשון משותפת, המדידה כחיבור בין חכמות, והמדידה כחכמה עליונה שמעמידה את כל המציאות – נוכל להבין את עומק דברי חז"ל שאסרו מדידה בשבת משום עובדין דחול. כי באמת כל ענין המדידה שייך לעולם החול, לעולם המוגבלות, לעולם שבו הכל נמדד ונחלק. אבל דווקא מתוך זה מתגלה שהיא יסוד בריאת העולם כולו, כי בלא מדידה אין גבול ואין מציאות.

וכשישראל שובתים ממדידה בשבת, הם מעידים שהעולם כולו עומד על מדידת הבורא, ולא על המדידה שבידי האדם. נמצא שכל חכמות העולם עומדות על כח המדידה, אבל ישראל יודעים שהמדידה העליונה היא מאתו יתברך. בזה נשלם השער, שכל ענינו לגלות שהמדידה היא לא רק כלי טכני, אלא עצם חכמת הבריאה, ושפה מחברת לכל החכמות יחד.

סיכום כללי לספר

כל הספר כולו סובב על נקודה אחת פשוטה ועמוקה כאחת: המדידה היא לא רק כלי טכני ביד האדם, אלא היא יסוד החיים והעולם. בלי מדידה אין גבול, אין צורה, אין סדר, ואין אפשרות לקיים חכמה ומלאכה כלל. כל החכמות שבעולם – מן הטבע ועד החברה, מן הגוף ועד הנפש – זקוקות להעמיד לעצמן גבולות, והגבולות אינם אלא לשון של מדידה.

מתוך זה יצאו שערי הספר, וכל שער מגלה צד אחר של הכח הזה. שערי היום־יום והמעגל השנתי הראו איך החיים הפשוטים של אכילה, שתיה, עבודה ומועדים אינם יכולים להתקיים בלי מדידה של זמנים ומידות. שערי הבית, המלאכה והציבור העמידו איך כל מסגרת החיים – מן הכלי הקטן שבבית ועד מכונות התעשייה ומדידות הכסף שבחברה – עומדת על סדרי מדידה. שערי המרחב, הזמן והאנרגיה הראו איך המדידה נעשתה שפה כללית של העולם, שפה אחידה שמחברת מדעי תנועה, חום, אור, קול וכדומה. ולבסוף נתבאר גם המדידה בנפש, באיכות החיים, בכח הפתיחות והחיבור – מדידה חדשה שמגלה עומק פנימי שלא היה נמדד עד עתה.

ועל גב כל אלו בא השער האחרון, המברר את עצם מהות המדידה בתור שפה מחברת וחכמה עליונה. כי אמנם כל חכמה לעצמה עומדת, אבל המדידה נותנת לה את המסגרת והגבול, ובה נעשית החכמה ל"חכמה". נמצא שהמדידה היא כח בריאה, כח סדר, כח יצירה, ומי שמבין בה לא רק משתמש בה ככלי, אלא רואה בה את תשתית החיים עצמם.

ממילא כל הספר הזה מחדש חידוש גדול לעולם הכללי וגם לעולם התורה: אין המדידה ענין צדדי ומלאכתי בלבד, אלא היא עצם לשון הבריאה. ומזה תובן גם גזירת חז"ל שלא למדוד בשבת, ששם מתגלה המדידה העליונה, מדידת הבורא יתברך שמעמיד הכל במדה נכונה.

הספר כולו נעשה בזה עדות פשוטה וברורה: העולם נבנה ונמשך בכח המדידה, אבל המדידה העליונה היא למעלה מן הכל, מן הבורא יתברך, וממנו נמשכת כל מציאות מדודה ומוגבלת.